

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE GORDURA
ANIMAL COMO FLUIDO DE CORTE NO PROCESSO DE
ROSQUEAMENTO**

Daniel Carlos Konzen

Lajeado, julho de 2016

Daniel Carlos Konzen

**ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE GORDURA
ANIMAL COMO FLUIDO DE CORTE NO PROCESSO DE
ROSQUEAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Engenharia Mecânica

ORIENTADOR: Prof. Me. Guilherme Cortelini
da Rosa

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Miranda
Ethur

Lajeado, julho de 2016

Daniel Carlos Konzen

ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DE GORDURA ANIMAL COMO FLUIDO DE CORTE NO PROCESSO DE ROSQUEAMENTO

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica do CETEC e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Me. Guilherme Cortelini da Rosa, UNIVATES

Mestre pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Me. Guilherme Cortelini da Rosa, UNIVATES

Mestre pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Marcelo André Toso, UNIVATES

Doutor pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Prof. Me. Rafael Crespo Izquierdo, UNIVATES

Mestre pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica: _____

Prof. Me. Ricson Rocha de Souza

Lajeado, julho de 2016

Dedico este trabalho as pessoas que amo, motivo maior de chegar até aqui, que me apóiam e me fazem sonhar, fazer o bem e buscar ser mais.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a toda minha família, em especial ao meu avô Arno (*em memória*) e meus pais Valmor e Vera, pela base do que sou, em seus exemplos e propósitos pela família, educação, perseverança, honestidade, fé e solidariedade.

Ao meu irmão Eduardo, pelo companheirismo, incentivo e apoio por toda vida.

A minha noiva Jordana, pelo amor, carinho, paciência e apoio em todos os momentos, pela sua felicidade de viver e seu exemplo de pessoa que me cativa e me faz ser melhor.

E por fim, na pessoa do meu professor orientador Guilherme Cortelini, e do professor do SENAI/RS Alexandre Wietzke, agradeço a todos os professores que na sua admirável profissão, compartilharam seus Conhecimentos, suas Habilidades e suas Atitudes, participando da minha educação e me fazendo evoluir, como profissional e ser humano. Através do seu dom e arte de ensinar, carregam consigo o futuro da nossa nação.

RESUMO

Neste trabalho, avaliou-se e desmistificou-se o popular, e até então subjetivo, desempenho superior da gordura suína utilizada como fluido de corte no processo de rosqueamento interno de aços com macho ferramenta, em comparação ao fluido de corte sintético. Para avaliar a real utilização da gordura suína, foram realizadas entrevistas em dez empresas da área metalmeccânica de diversas cidades do estado e constatou-se a atual utilização deste fluido de corte. Foram analisadas também as propriedades químicas mais relevantes à utilização, como pH, densidade, ponto de fulgor, corrosão e temperatura na qual deve ser aquecida para atingir a mesma viscosidade do fluido. A fim de avaliar o desempenho dos fluidos, foram mensurados os esforços de corte (força de avanço e torque) para três situações distintas (seco, gordura suína e fluido sintético) utilizando um dinamômetro acoplado a um Centro de Usinagem. A produtividade do macho ferramenta no uso prático, foi verificada utilizando uma rosqueadeira pneumática com braço articulado até a sua quebra, realizada a seco, com gordura suína e fluido sintético, em triplicata, permitindo a análise estatística dos resultados. Indústrias investem alto em desenvolvimento e marketing de novos produtos para se manterem no mercado, substituindo produtos padrões sem que os mesmos tenham um desempenho superior. Dessa forma, comprovou-se, ao final deste trabalho, a maior eficiência da gordura suína comparada à usinagem a seco e ao fluido de corte sintético, utilizado em larga escala industrial, e caracterizou-se o fluido em estudo para tal.

Palavras-chave: Rosqueamento, Macho ferramenta, Fluidos de corte, Banha de porco.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate and demystify the popular, and so far subjective, superior performance of swine fat used as cutting fluid in the process of internal threading on steels with die tool, in comparison to synthetic cutting fluid. In order to evaluate the real usage of swine fat, interviews were conducted at ten companies of the metalworking area from several cities of the state, and the current usage of this cutting fluid was detected. The chemical properties most relevant to its use were also analyzed, as pH, density, flash point, corrosion and the temperature that it needs to be heated to reach the same viscosity of the fluid. In order to evaluate the fluids performance, the cutting efforts (motion and torque forces) were measured for three distinct situations (dry, swine fluid and synthetic fluid) using a dynamometer attached to a milling machine. The die tool productivity in the practical use, however, was verified using a pneumatic threader with an articulated arm until it broke, carried out dry, with swine fat and with synthetic fluid, in triplicate, allowing the statistical analysis of the results. Companies invest a lot in the development and marketing of new products in order to stay in the market, replacing standard products even if they do not have a superior performance. Therefore, it was verified, by the end of this research, the greater efficiency of swine fat compared to dry machining and to synthetic cutting fluid – used in large industrial scale –, as well as the studied fluid was characterized.

Keywords: Threading, Die tool, Cutting fluids, Swine fat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos processos de fabricação.....	14
Figura 2 - Diagrama Ferro-carbono.....	21
Figura 3 - Análise metalográfica do aço ABNT 1020.....	22
Figura 4 - Movimentos da broca.....	23
Figura 5 - Operações de rosqueamento interno e externo	25
Figura 6 - Movimentos da ferramenta durante a usinagem	27
Figura 7 - Mecanismo de formação cavaco.....	29
Figura 8 - Representação dos ângulos da geometria de corte do macho ferramenta.....	30
Figura 9 - Geometria de um macho ferramenta de canais retos	30
Figura 10 - Representação do ângulo de entrada do macho ferramenta.....	31
Figura 11 - Três tipos básicos de machos máquina	32
Figura 12 - Representação comercial de macho helicoidal	33
Figura 13 - Ferramenta em Metal duro revestida por camadas de Al_2O_3 e TiN.....	38
Figura 14 – Comportamento do material deformado quanto á lubrificação.....	39
Figura 15 - Métodos de medição das forças de usinagem.....	48
Figura 16 - Princípio de ligação de um dinamômetro piezoelétrico com três pares de lâminas de quartzo	49
Figura 17 - Copo Ford	52
Figura 18 - Plataforma piezelétrica Kistler modelo 9272.....	54
Figura 19 - Arquitetura simplificada do sistema de monitoramento do torque no rosqueamento	55
Figura 20 - Rosqueadeira pneumática com braço articulado	56
Figura 21 - Levantamento de dados da entrevista, referente aos processos de usinagem utilizando banha como fluído de corte	57
Figura 22 – Fita indicadora de pH, fluido sintético (a), gordura suína (b) e padrão de cores (c)	59
Figura 23 – Ensaio de ponto de fulgor	60
Figura 24 – Centro de usinagem com plataforma piezoelétrica e amplificador de sinais	62
Figura 25 – Cavaco enroscado no macho ferramenta durante o rosqueamento lubrificado com fluido de corte sintético	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química do aço ABNT 1020.....	20
Tabela 2 - Relação entre o processo de usinagem e a velocidade de corte	24
Tabela 3 - Diâmetro do furo para rosquear com macho	27
Tabela 4 - Propriedades do fluido na forma concentrada e diluída	41
Tabela 5 - Comparação da superfície e peso dos corpos de prova	61
Tabela 6 - Valores médios de Força e Torque obtidos no ensaio.....	62
Tabela 7 - Quantidade de furos rosqueados até a quebra do macho ferramenta	63

SIMBOLOGIA

Al ₂ O ₃		Óxido de alumínio
C		Carbono
Co		Cobalto
Cr		Cromo
f	[mm/min]	Avanço
Fe		Ferro
Mo		Molibdênio
n		Rotação
ρ		Massa específica
pH		Potencial hidrogeniônico
TiC		Carboneto de titânio
TiCN		Carbonitreto de titânio
TiN		Nitreto de titânio
V		Vanádio
Vc	[m/min]	Velocidade de corte
W		Tungstênio

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETEC	Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
CVD	Chemical Vapor Deposition
EP	Extrema pressão
FISPQ	Ficha de Segurança de Produtos Químicos
HRC	Hardness Rockwell C
HSS	High Speed Steel
HV	Hardness Vickers
ISO	International Organization for Standardization
KGF	Quilograma-força
M	Metro
Mm	Milímetro
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PVD	Physical Vapor Deposition
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem

Animal

RPM	Rotações por minuto
SAE	Society os Automotive Engeneers
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SI	Sistema Internacional
SSU	Second Saybolt Universal
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral.....	16
1.2	Objetivos específicos.....	16
1.3	Justificativa	16
1.4	Delimitação do trabalho.....	16
1.5	Estrutura do trabalho	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Aço ABNT 1020	18
2.2	Operação de furação	23
2.3	Operação de rosqueamento interno.....	25
2.4	Macho máquina	28
2.4.1	Geometrias do macho ferramenta	28
2.4.2	Materiais de fabricação.....	33
2.4.3	Revestimento da ferramenta de corte.....	37
2.5	Fluído de corte	39
2.5.1	Gordura animal (banha).....	42
2.5.2	Fluído de corte mineral	43
2.5.3	Fluído de corte sintético	45
2.6	Dinamômetro	47
2.6.1	Dinamômetro piezelétrico.....	48
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
3.1	Entrevista em empresas sobre a utilização da gordura suína (banha).....	50
3.2	Análise da banha.....	50
3.2.1	Densidade da banha a 25 °C	51
3.2.2	pH dos fluidos	51
3.2.3	Temperatura da banha para atingir a mesma viscosidade do fluído	52
3.2.4	Ponto de fulgor.....	53
3.2.5	Teste de corrosão por imersão.....	53
3.3	Ensaio de torque	54
3.4	Ensaio de durabilidade.....	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1	Entrevista em empresas sobre a utilização da gordura suína (banha).....	57
4.2	Análise da banha.....	58
4.2.1	Densidade a 25 °C.....	58
4.2.2	pH.....	59
4.2.3	Temperatura da gordura suína para atingir a mesma viscosidade do fluído	59
4.2.4	Ponto de fulgor.....	60
4.2.5	Teste de corrosão por imersão.....	60

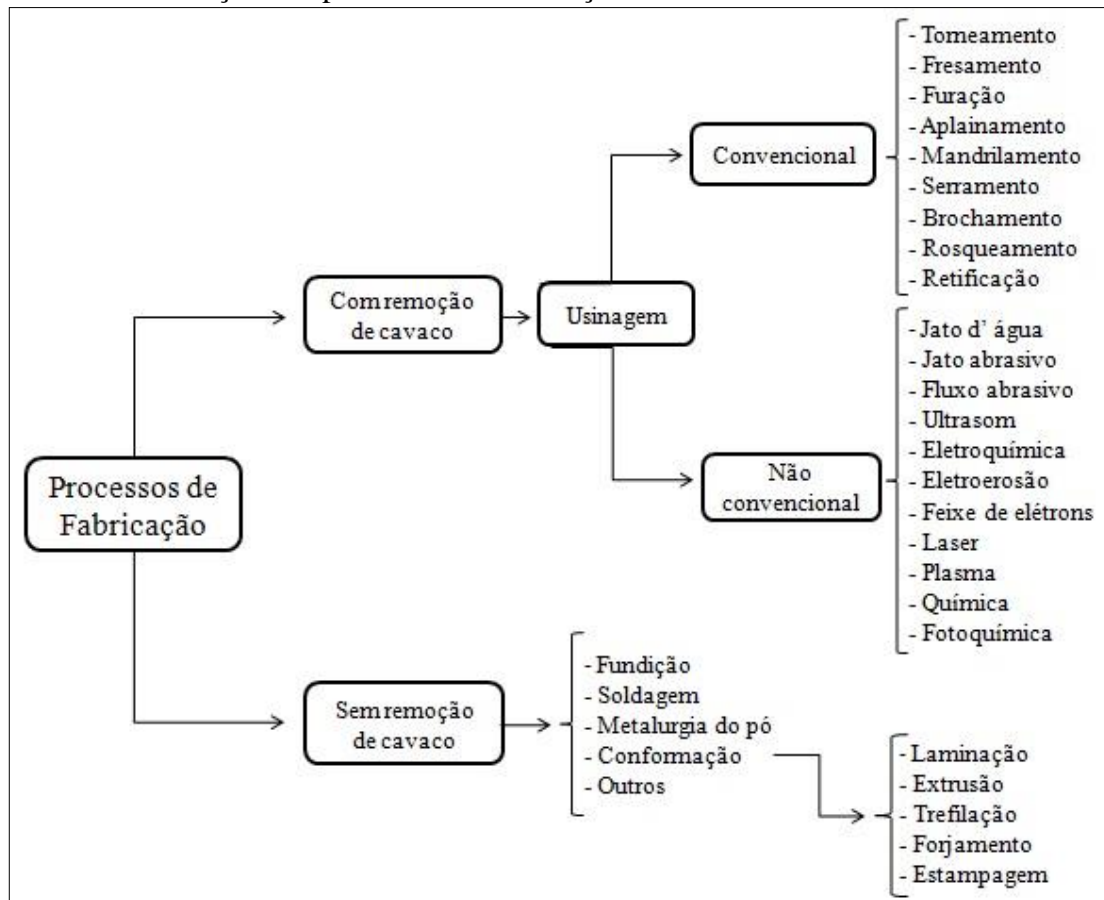
4.3	Ensaio de torque	62
4.4	Ensaio de durabilidade.....	63
5	CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
APÊNDICE		71
ANEXO.....		82

1 INTRODUÇÃO

Segundo Machado et al. (2009), o principal material utilizado para fabricação de peças de engenharia, até meados do século XVIII, era a madeira, usinada com ferramentas de aço carbono. Nesse sentido, a Revolução Industrial foi um marco do avanço tecnológico nas mais diversas áreas, e estimulou na área metal-mecânica o desenvolvimento de novos materiais de engenharia, materiais para ferramentas de corte com melhor desempenho, além do surgimento de máquinas-ferramenta utilizadas para fabricar peças, o que facilitou o trabalho humano e tornou a produção mais precisa e eficaz.

Dentre os processos de fabricação que foram desenvolvidos ao longo dos anos, com remoção de cavaco e sem remoção de cavaco, conforme a Figura 1, a usinagem é reconhecidamente o processo de fabricação mais popular do mundo, de acordo com Trent (1985), transformando em cavaco cerca de 10% de toda a produção de metais e empregando dezenas de milhões de pessoas. Santos e Sales (2005) definem a usinagem por processo de fabricação na qual uma porção de material, chamado de cavaco, é removida da peça, por cisalhamento. Suas operações estão relacionadas na Figura 1.

Figura 1 - Classificação dos processos de fabricação



Fonte: Adaptado de Machado et al. (2009).

Na fabricação de produtos das mais diversas áreas industriais, a montagem de peças ou componentes pode ser realizada pelo processo de soldagem (quando utilizados materiais metálicos) ou rebiteagem, sendo definidas estas montagens por união fixa ou permanente. Ela pode ser ainda realizada por uma união móvel, através do processo de usinagem de rosqueamento e do uso de parafusos, largamente utilizado quando a necessidade de realização de manutenções ou limpeza em máquinas e equipamentos torna necessária a desmontagem destes componentes, por exemplo, em estruturas móveis da construção civil, montadas e desmontadas a cada obra, justificando o emprego deste processo de fabricação.

A utilização de roscas para montagem de peças permite também uma intercambialidade mundial, devido as dimensões e perfis das roscas serem padronizados por normas, como:

- ABNT NBR ISO 724:2004 – Rosca métrica;
- DIN 11 – Rosca Withworth;

- ANSI / ASME B16.5 – Rosca UNC;
- ANSI / ASME B1.1 e ISO68 – Rosca UNF;
- ISO 228 e DIN 259 e ABNT NBR ISO7.1 – Rosca BSP e BSPT;
- ANSI / ASME B1.20.1 e ABNT NBR 12912 – Rosca NPS e NPT para tubos.

Após o processo de furação, o rosqueamento interno pode ser realizado manualmente através de um jogo de machos manuais e um desandador de machos, ou em uma máquina-ferramenta, utilizando um macho máquina, capaz de remover os cavacos da peça durante a usinagem. Dentre os diversos tipos ou geometrias de macho ferramenta, o macho máquina é o mais utilizado em produções seriadas devido ao excelente desempenho quando utilizado em máquinas ferramentas, possibilitando uma alta produtividade.

Durante a usinagem, o contato entre a aresta de corte da ferramenta e o material da peça acontece com elevado atrito, o que acarreta entre outros fatores negativos, em uma elevada geração de calor e uma grande potência requerida da máquina-ferramenta. Diniz et al. (1999) complementa que praticamente toda energia mecânica relacionada a formação do cavaco se transforma em calor, considerando o atrito entre cavaco e a ferramenta e entre a ferramenta e a peça.

Desta elevada temperatura na região do corte, surgem vários agravantes como a redução da vida útil da ferramenta, a modificação da microestrutura do material, a variação dimensional da peça, o aumento da força e potência de usinagem, fatores estes que causam elevada severidade ao processo. Isto pode ser minimizado com a utilização dos fluídos de corte, que são utilizados nos processos de usinagem com o objetivo principal de lubrificar ou refrigerar e, com isso, promover o aumento da vida da ferramenta de corte (SANTOS E SALES, 2005).

No processo de rosqueamento, devido a baixa velocidade de corte do processo, é fundamental que seja reduzido o atrito entre a peça e a ferramenta através da utilização de fluídos de corte que atuem como meio lubrificante. Os fluídos largamente utilizados neste e nos demais processos de usinagem são óleos minerais e óleos sintéticos.

Muito utilizado antigamente, Ferraresi (1969) cita o uso de óleo de toicinho e óleo de baleia como excelente lubrificante de corte para ferramentas de aço rápido. Segundo o autor, estes óleos graxos são utilizados ainda hoje, por exemplo, em operações severas de usinagem de ligas não-ferrosas tenazes.

Os óleos de corte minerais (a base de petróleo) e sintéticos (produzidos em laboratório) possuem excelente propriedade lubrificante, quando utilizado concentrado, e permitem diluição em água (emulsão), diminuindo assim a capacidade de lubrificação e aumentando a capacidade de refrigeração do fluído, acarretando em um melhor desempenho em usinagens de altas velocidades de corte.

1.1 Objetivo geral

Analisar a eficiência da banha como fluido de corte no processo de rosqueamento, comparando-a com o processo a seco e com a utilização de fluido sintético.

1.2 Objetivos específicos

- Coletar informações em empresas de usinagem da área metal-mecânica através de entrevista, a fim de identificar a utilização da gordura suína (banha de porco) ou não como fluído de corte em seus processos, entre outros dados pertinentes, garantindo relevância a este trabalho;
- Analisar a gordura suína através de parâmetros físico/químicos pertinentes ao processo de usinagem para caracterizar o fluído em questão;
- Identificar o fluído de corte mais eficiente no processo de rosqueamento entre o sintético e a banha de porco, realizando ensaio de medição do momento torsor (torque) e da vida útil da ferramenta até a sua quebra.

1.3 Justificativa

A prática comum e de longa data da utilização da banha de porco como um fluido de corte nos processos de usinagem, principalmente no rosqueamento, sem grande relevância bibliográfica, levou ao desenvolvimento desta pesquisa, a fim de identificar a sua eficiência perante fluídos de corte comerciais.

1.4 Delimitação do trabalho

Os ensaios foram desenvolvidos utilizando macho ferramenta helicoidal em aço rápido M6 x 1 milímetro (mm) no rosqueamento de corpos de prova em aço ABNT 1020 de

espessura 1/2 polegada com furos passantes de diâmetro 5mm, executando as roscas a seco, com banha de porco, e com fluido sintético Quimatic 1, composto por 65 a 70% de Cloreto de Metileno e 30 a 35% de Solvente alifático.

O ensaio da força de avanço e do momento tursor foi realizado no laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O torque foi medido através de uma plataforma piezelétrica Kistler modelo 9272, montada em um Centro de Usinagem Romi modelo Discovery 308 e conectada a um Amplificador de Carga Kistler modelo 5070A10100 e a um microcomputador. Os dados obtidos pela plataforma foram analisados através do software LabVIEW 8.6.

Para o ensaio da vida útil do macho com os diferentes fluídos de corte, foi utilizado uma rosqueadeira pneumática com braço articulado, no laboratório da Engenharia Mecânica da UNIVATES.

Os ensaios físico/químicos foram realizados no laboratório de Química da UNIVATES, utilizando chapa de aquecimento, termômetro digital, pHmetro, vidrarias, entre outros materiais que se fizeram necessários.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente estudo é composto por cinco capítulos, capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, o referencial teórico compõe o capítulo 2, definindo os dois processos de usinagem utilizados neste trabalho, o material do corpo de prova, as formas comerciais do macho ferramenta, citando suas geometrias, materiais e coberturas, abordando ainda os principais tipos de fluídos de corte, e o dinamômetro. Já o capítulo 3 apresenta a metodologia que foi aplicada para a realização dos ensaios e atendimento dos objetivos propostos. O capítulo 4 descreve os resultados e discussões, obtidos após a realização da entrevista e ensaios, justificando a relevância deste estudo, e, por fim, o capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico dos assuntos relacionados ao tema e aos objetivos do estudo. Em um primeiro momento serão abordados os processos de usinagem utilizados e o material dos corpos de prova, enfatizando, após, os tipos de macho máquina, os fluídos de corte usuais, e o dinamômetro.

2.1 Aço ABNT 1020

O desempenho global dos processos de usinagem está ligado a algumas variáveis, que necessitam ser estudadas e combinadas da melhor forma, a fim de obter um resultado satisfatório. Entre estas variáveis, Machado et al. (2009) cita o material usinado, o material da ferramenta de corte, a geometria da aresta de corte da ferramenta, características e condições da máquina ferramenta, entre outros. Como fatores de saída do processo, os quais tornam possível avaliar o seu desempenho, os autores descrevem o tempo de vida útil da ferramenta, o tipo de cavaco formado, o acabamento superficial da peça, a formação de aresta postiça na aresta de corte da ferramenta, a potência utilizada pela máquina para realizar a operação. Analisando estes dados de saída e conhecendo as causas do comportamento de cada fator, é possível determinar ou combinar da melhor forma todas as variáveis do processo, bem como os parâmetros de corte da máquina, para otimizar ao máximo seu desempenho e por consequência, reduzir os custos da usinagem.

Quanto ao material da peça, Diniz et al. (1999) e Santos e Sales (2005) definem usinabilidade como o grau de dificuldade deste ser usinado, analisando grandezas mensuráveis como a vida útil da ferramenta, o acabamento superficial da peça, a força de corte, a temperatura de corte, a produtividade e as formas de cavaco. Os autores complementam que um material pode ter boa usinabilidade quanto à força de corte, e pode

não possuir boa usinabilidade quando analisado outra propriedade de usinagem, como vida útil da ferramenta.

Desta forma, para compreensão do desempenho do material a ser usinado, faz-se necessário analisar algumas de suas propriedades mecânicas como dureza, resistência a tração, ductilidade, encruamento, condutividade térmica, entre outras relacionadas à sua microestrutura. Materiais de baixa dureza geralmente permitem ser usinados com elevados parâmetros de corte (avanço, velocidade de corte e profundidade) resultando em alta taxa de remoção de material, demandando baixas forças de corte e potência da máquina, além de grande vida útil do ferramental (MACHADO et al., 2009; SANTOS; SALES, 2005).

Ainda segundo os autores, materiais com baixa dureza e alta ductilidade apresentam considerável variação no desempenho devido à formação de aresta postiça, o que acarreta em uma menor vida útil da ferramenta e um péssimo acabamento superficial da peça usinada.

Segundo Machado et al. (2009), outro fator de grande influência na vida útil da ferramenta é a presença de carbonetos no material, que são em geral partículas duras com dureza semelhante a do material da ferramenta em alguns casos. Para um bom desempenho da ferramenta, faz-se necessário uma redução dos parâmetros de corte quanto maior for a presença dos carbonetos na microestrutura do material, principalmente a velocidade de corte. A porcentagem de carbono e a presença de elementos de liga são os principais fatores causadores da formação de carbonetos.

Conforme o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, 2005) o aço é definido como liga de Fe *mais* C (de 0,05 até 2,11% C - materiais com valores de C superiores a este são denominados Ferro Fundido). Os aços são classificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela Norma Brasileira (NBR) 6006, baseada na norma de identificação de composições químicas dos aços do sistema da *Society of Automotive Engineers* (SAE). A denominação do aço é realizada por quatro ou cinco dígitos, na qual os dois primeiros indicam a classe a que o aço pertence, e os demais indicam o teor médio em carbono. Por exemplo:

- Aço ABNT 1020: indica um aço ao carbono (classe 10xx), com 0,20% C;
- Aço ABNT 8640: indica um aço níquel-cromo molibdênio (classe 86xx), com 0,40% C;
- Aço ABNT 52100: indica um aço cromo (classe 52xx), com 1,00% C.

Quanto a composição química do aço ABNT 1020, a NBR 6006 define os percentuais conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química do aço ABNT 1020

Designação	Composição Química – Faixas e limites em %			
ABNT	C	Mn	P máx.	S máx.
1020	0,18 / 0,23	0,30 / 0,60	0,04	0,05

Fonte: SENAI (2005).

Segundo Ferraresi (1969), a adição de fósforo com teor superior a 0,045% e enxofre com teor superior a 0,055% conferem ao aço melhor usinabilidade quanto ao acabamento superficial, vida útil da ferramenta e produtividade, pois permitem velocidades de corte maior. Ainda segundo o autor, teores de 1,00% a 1,90% de manganês permitem ao aço um corte fácil.

Classificam-se os aços em dois grandes grupos: aço carbono e aço liga. Santos e Sales (2005) dividem os aços carbono em três grupos:

- baixo carbono: $< 0,3\% \text{ C}$;
- médio carbono: $0,3 \leq \% \text{ C} \leq 0,6$;
- alto de alto carbono: $> 0,6\% \text{ C}$.

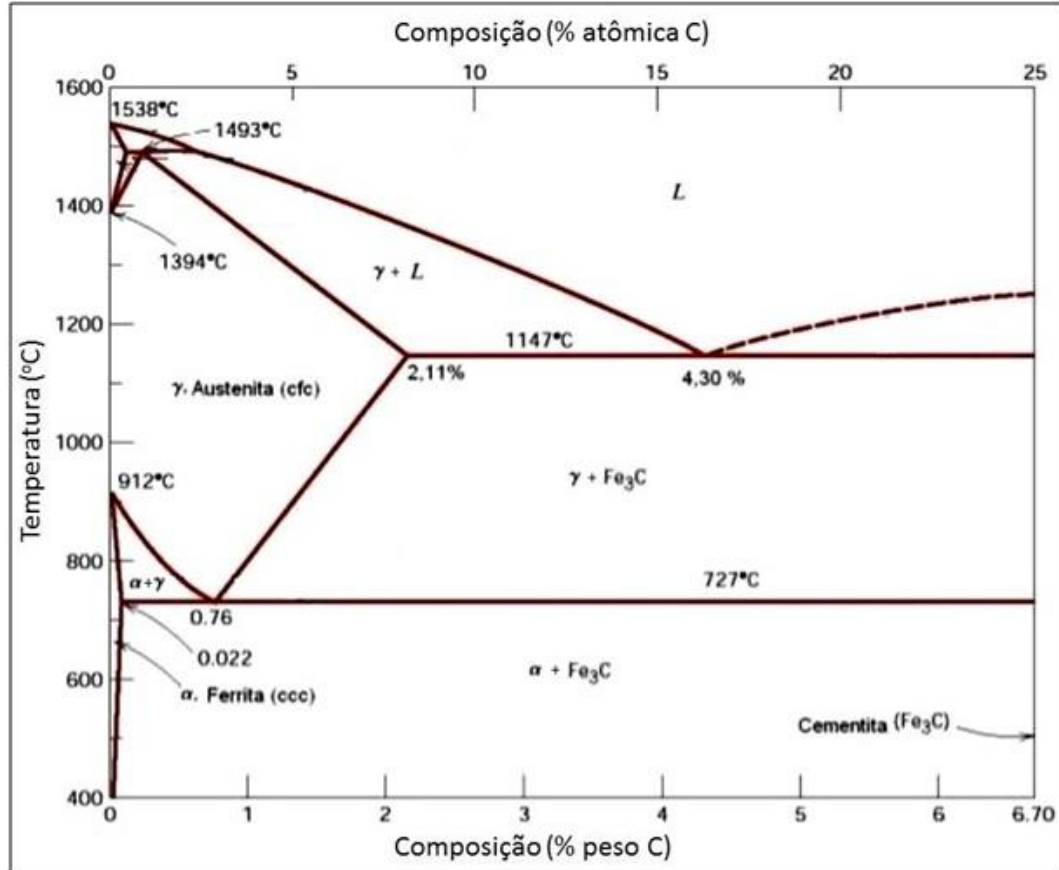
Existem três tipos básicos de microestrutura em aços-carbono, dependendo principalmente da quantidade de carbono em sua composição, a temperatura ambiente e sem passar por nenhum tratamento térmico (COLPAERT, 2012; MACHADO et al., 2009):

- ferrita: é macia e dúctil, com dureza entre 135 a 185 *Hardness Vickers* (HV);
- cementita: é dura e abrasiva;
- perlita: é uma mistura da ferrita e cementita, na forma de lamelas alternadas. Possui dureza intermediária, entre 235 e 350 HV.

De acordo com SENAI (2005), a estrutura dos aços é cristalina. As partículas de ferro puro formam cristais cúbicos (ferro α), os quais formam os grãos de ferrita. Quando na presença de carbono, o ferro e o carbono formam cristais de carboneto de ferro (Fe_3C), fase denominada cementita. Quanto mais carbono possuir o aço, maior será a proporção de Fe_3C na sua estrutura, ou seja, mais duro o aço será. Os cristais de ferrita e os cristais de cementita formam um conglomerado que, em muitos casos, aparece na forma de lamelas, formando a

fase denominada perlita. Estas fases do aço carbono são identificadas na Figura 2, denominada diagrama Ferro-carbono.

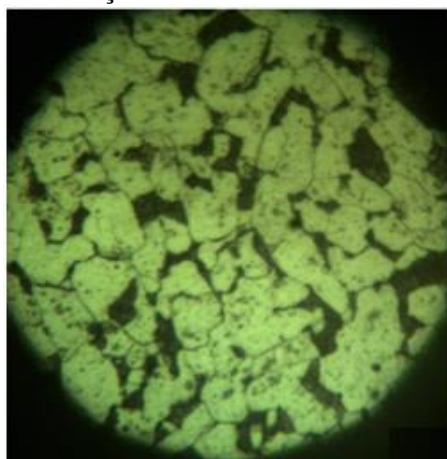
Figura 2 - Diagrama Ferro-carbono



Fonte: Colpaert (2012).

Através de um ensaio metalográfico, que consiste basicamente em embutir uma amostra do material, lixar, polir e atacar a superfície com ácido para revelar os contornos dos grãos do material (COLPAERT, 2012), ao analisar em microscópio uma amostra de aço ABNT 1020 com ampliação de 400 vezes, será visualizado uma imagem semelhante à da Figura 3.

Figura 3 - Análise metalográfica do aço ABNT 1020



Fonte: Autor.

Na região clara da Figura 3 (matriz), em tom amarelado, encontra-se a fase denominada ferrita (ferro α). Em menor quantidade, as partes escuras revelam a presença da fase chamada perlita, que consiste em lamelas paralelas e alternadas de ferrita e de cementita (Fe_3C), sendo que a espessura das lamelas varia segundo a temperatura de sua formação e a taxa de resfriamento empregada na fabricação do aço.

Devido a maior presença de ferrita, o aço ABNT 1020, que é classificado como aço baixo carbono (até 0,3% C), possui baixa dureza e grande ductilidade (COLPAERT, 2012). Estas propriedades concedem ao aço em questão, devido a propensão de formação de aresta postiça, uma menor usinabilidade quanto à vida útil da ferramenta e acabamento superficial.

Ferraresi (1969) complementa que o processo de fabricação de barras e perfis de aço por laminação a quente possui influência na usinabilidade dos aços:

- com até 0,3% C: redução do índice de usinabilidade;
- de 0,3% a 0,4% C: não há influência significativa;
- acima de 0,4% C: aumento do índice de usinabilidade.

Para um melhor desempenho do aço ABNT 1020 durante a usinagem, a usinabilidade do material é melhorada quando a barra de aço passa, após a laminação, pelo processo de trefilação, na qual seu diâmetro externo é reduzido ao ser tracionada em uma trefiladora através de uma fieira com dimensão desejada. Este processo acarreta em um melhor acabamento externo e precisão dimensional, e principalmente em uma menor ductilidade do material, devido ao aumento das discordâncias nos contornos dos grãos da sua microestrutura, fenômeno este conhecido por encruamento (SCHAEFFER, 2004).

2.2 Operação de furação

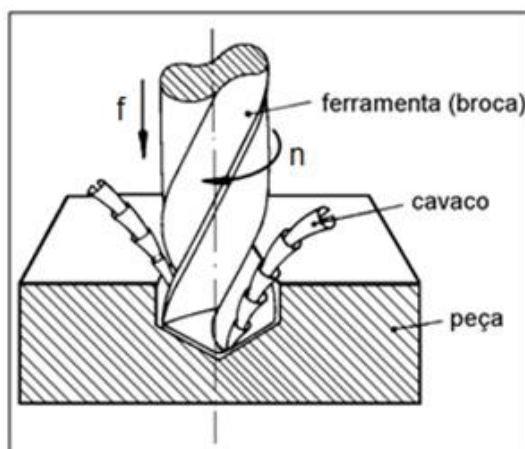
O processo de corte da furação é realizado pela penetração do gume da cunha da ferramenta no material, o qual se deforma elasticamente e plasticamente, até superar o valor da tensão de cisalhamento e escoar sobre a aresta de corte, formando o cavaco (MARKUS, 2001).

Ainda segundo o autor, para que o corte aconteça na furação, é necessário que haja na broca um momento de giro (torque), com unidade definida pelo Sistema Internacional (SI) como quilograma-força (kgf) vezes metro (m) e velocidade de rotação (n) especificada em rotações por minuto (rpm), além de um movimento linear de avanço em direção à peça (f), em mm/volta, conforme a Figura 4. Machado et al (2009) complementa que a broca fixada ao mandril da furadeira gira e impõe-se um movimento de avanço, que pode ser manual ou automático.

Diniz et al. (1999) e Machado et al. (2009) especificam estes movimentos ativos, que geram a saída do cavaco, em:

- movimento de corte: movimento entre aresta de corte da ferramenta e a peça, o qual gera remoção de cavaco durante apenas uma rotação, sem movimento de avanço concomitante;
- movimento de avanço: movimento entre aresta de corte da ferramenta e a peça, o qual gera retirada contínua de cavaco se houver movimento de corte;
- movimento efetivo: resultante da combinação movimentos de corte e avanço.

Figura 4 - Movimentos da broca



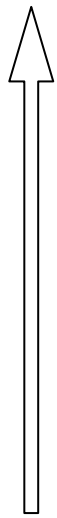
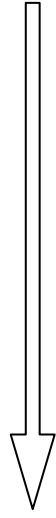
Fonte: Telecurso 2000 (2008).

Ainda, conforme Markus (2001), os cavacos formados durante a usinagem através da ação da ferramenta na remoção do material, podem apresentar formas variadas, em virtude

dos parâmetros de corte utilizados como avanço e velocidade de corte, da geometria da ferramenta, do material e fluido de corte.

Dentre os parâmetros mencionados, o avanço (f) é definido como a distância percorrida pela ferramenta a cada volta (mm/volta). Já a velocidade de corte (vc) é a velocidade tangencial instantânea resultante da rotação da peça em torno da ferramenta ou da ferramenta em relação à peça em metros por minuto (m/min), no qual os movimentos de corte e de avanço acontecem simultaneamente. Seus valores são pré-determinados levando em consideração o material da ferramenta fabricada, o material da peça a ser usinada, e o processo de usinagem (DINIZ et al., 1999). A Tabela 2 relaciona de forma direta o valor da velocidade em relação ao processo de usinagem.

Tabela 2 - Relação entre o processo de usinagem e a velocidade de corte

Processo de usinagem	Dificuldade de usinagem	Velocidade de corte
Fazer roscas	Alta	Baixa
Escanhoar engrenagens		
Geração por plainagem		
Furação profunda		
Sangrar com bedame		
Trabalhos em tornos automáticos		
Furar		
Geração por fresagem		
Fresar		
Serrar		
	Baixa	Alta

Fonte: Adaptado de Stemmer (1993).

Machado et al. (2009) converge com os autores quanto a seleção dos valores de avanço e velocidade de corte, e define que para os processos de usinagem com movimentos rotativos, a rotação (rpm) da ferramenta ou material é calculada pela Equação (1):

$$n = \frac{VC \times 1000}{\pi \times \phi} \quad [1]$$

Onde:

n = número de rotações por minuto (rpm)

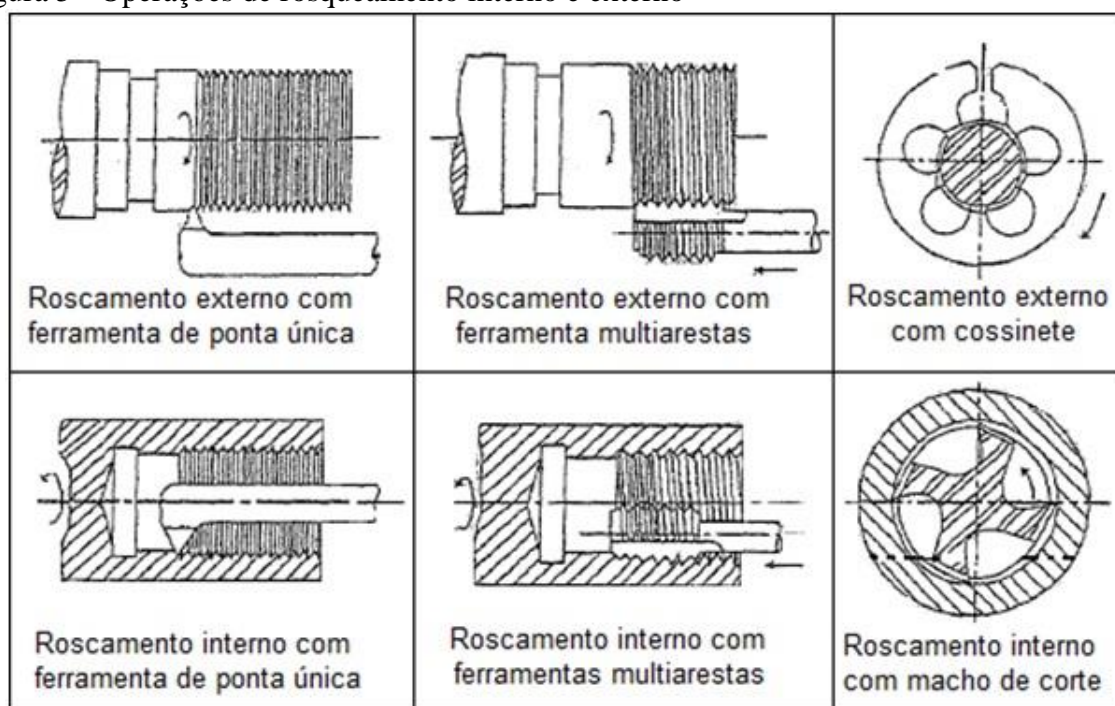
v_c = velocidade de corte (m/min)

\varnothing = diâmetro da ferramenta ou peça (mm)

2.3 Operação de rosqueamento interno

O processo de rosqueamento é utilizado para abertura de roscas tanto externa, como em eixos e parafusos, quanto interna, em porcas ou em um local qualquer de uma peça, definido em seu projeto. A abertura de roscas externas pode ser realizada manualmente por cossinete ou em máquinas através de ferramentas de perfil único ou múltiplo. Já o processo de rosqueamento interno pode ser realizado manualmente utilizando-se um jogo de machos manuais composto de dois ou três machos com diâmetros que aumentam gradativamente ou, quando em larga escala de produção e/ou ainda roscas de grandes dimensões, por meio de máquinas ferramentas utilizando ferramentas de perfil único ou múltiplo, através do processo de torneamento. A Figura 5 ilustra as operações citadas (FERRARESI, 1969; MACHADO et al., 2009; STEMMER, 1993).

Figura 5 - Operações de rosqueamento interno e externo



Fonte: Machado et al. (2009).

Devido a sua alta produtividade, qualidade e custo, dentre todos os processos de rosqueamento interno citados, o rosqueamento com macho ferramenta é o mais utilizado na indústria (Freire, 1976). É também uma das operações de usinagem mais comum, e geralmente uma das últimas operações a ser realizada, momento na qual a peça já possui um

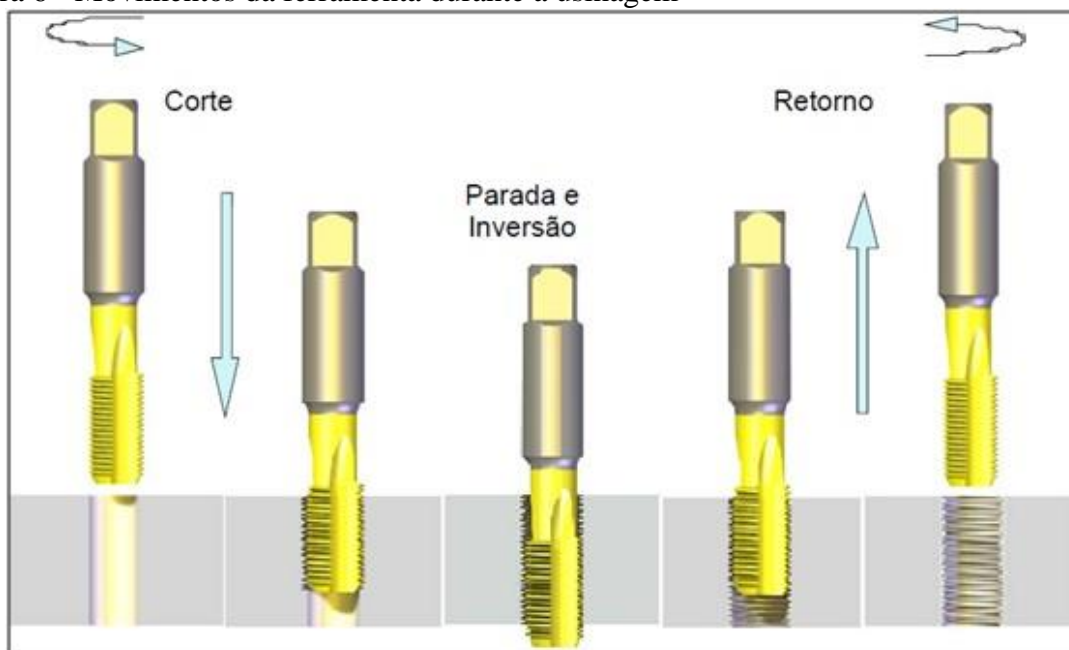
alto valor agregado. Desta forma, além do custo da própria peça, estudos sobre as condições gerais do macho ferramenta durante o rosqueamento tornam-se cada vez mais relevantes para prevenção de quebra e desgaste da ferramenta (REIS, 2004; SHA et al., 1990).

Combinando um movimento de rotação e de avanço, o macho ferramenta corta o material da superfície interna do furo, cujo diâmetro é levemente menor que o diâmetro externo do macho, formando os filetes de rosca. Para que aconteça o corte é necessário ainda que a força gerada pela máquina ferramenta seja maior que a tensão de escoamento, cisalhando o material da peça e removendo-o na forma de cavaco (DORMER, 2005; MULLER; SOTO, 1999).

O processo de rosqueamento interno com macho é mais severo que o processo externo com cossinete, segundo Ferraresi (1969). Seu processo é dividido geralmente em corte e retorno, levando poucos segundos para completar um ciclo. A severidade do rosqueamento interno se deve a um ciclo altamente intransigente, formado por movimentação da ferramenta, corte, frenagem e reversão da ferramenta.

Reis (2004) converge com o autor, acrescentando que o macho máquina aproxima-se do furo com velocidade de corte e avanço pré-definido, no caso de máquinas CNC's. A usinagem inicia pelo contato dos dentes cônicos do macho que realizam o desbaste, e as corretas dimensões da rosca são garantidas pelos dentes finais. Completado o percurso necessário, a máquina ferramenta interrompe e reverte o sentido de giro e avanço do macho, fazendo com que ele saia da peça. Os movimentos do rosqueamento interno por macho ferramenta são exemplificados na Figura 6. A ferramenta é fixada à máquina através de mandril ou porta-pinça que pode ser rígido ou flutuante, modelo este que através de uma mola compensa uma eventual falta de sincronismo entre os movimentos de avanço e rotação, que causariam a quebra do macho.

Figura 6 - Movimentos da ferramenta durante a usinagem



Fonte: Mota (2009).

Alguns dos problemas relacionados ao rosqueamento interno com macho ferramenta estão ligados ao diâmetro incorreto do furo, como, por exemplo, formação incompleta do filete de rosca, quando o furo é maior do que o ideal, ou quebra do macho, alto torque necessário para operação, acabamento superficial ruim, entre outros, quando rosqueado em furação com diâmetro menor que o ideal (DORMER, 2005). A Tabela 3 especifica o diâmetro correto da broca para cada rosca.

Tabela 3 - Diâmetro do furo para rosquear com macho

Macho (M)	Passo (mm)	Diâmetro interno Máx (mm)	Broca Diâmetro (mm)	Broca Diâmetro (polegada)
1,6	0,35	1,321	1,25	3/64
1,8	0,35	1,521	1,45	54
2	0,4	1,679	1,6	1/16
2,2	0,45	1,833	1,75	50
2,5	0,45	2,138	2,05	46
3	0,5	2,599	2,5	40
3,5	0,6	3,010	2,9	33
4	0,7	3,422	3,3	30
4,5	0,75	3,878	3,8	27
5	0,8	4,334	4,2	19
6	1	5,153	5	9
7	1	6,153	6	15/64

8	1,25	6,912	6,8	H
9	1,25	7,912	7,8	5/16
10	1,5	8,676	8,5	Q

Fonte: Adaptado de Dormer (2005).

Conforme Dormer (2005), o diâmetro da broca pode ser também calculado pela Equação (2):

$$D = D_{\text{nom}} - P \quad [2]$$

Onde:

D: diâmetro da broca (mm)

D_{nom} : diâmetro nominal do macho (mm)

P: passo da rosca (mm)

2.4 Macho máquina

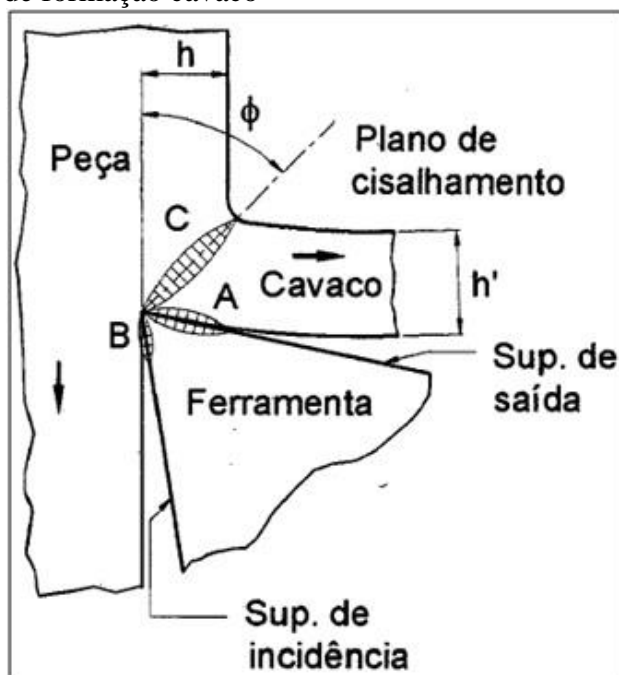
Como já mencionado anteriormente, o rosqueamento interno é, na maioria das vezes, o último processo realizado na peça usinada, momento em que esta já possui um alto valor agregado. Um erro nos parâmetros de corte, lubrificação inadequada ou má escolha da geometria do macho pode acarretar em uma rosca com acabamento superficial indesejado, fora das dimensões, em uma menor vida útil da ferramenta ou ainda levá-la a quebra, sucateando a peça na maioria dos casos (REIS, 2004; SHA et al., 1990).

2.4.1 Geometrias do macho ferramenta

Segundo Machado et al. (2009), um dos fatores que mais exerce influência no desempenho da usinagem é a geometria da ferramenta de corte. Por mais resistente que seja o material da ferramenta, a operação de usinagem não terá êxito se os ângulos diversos que formam a geometria da aresta de corte não forem bem preparados ou escolhidos para determinada operação.

As regiões das arestas de corte que estão em contato direto com o material, sujeitas ao atrito e em sua decorrência a geração de calor, podem ser verificadas na Figura 7:

Figura 7 - Mecanismo de formação cavaco



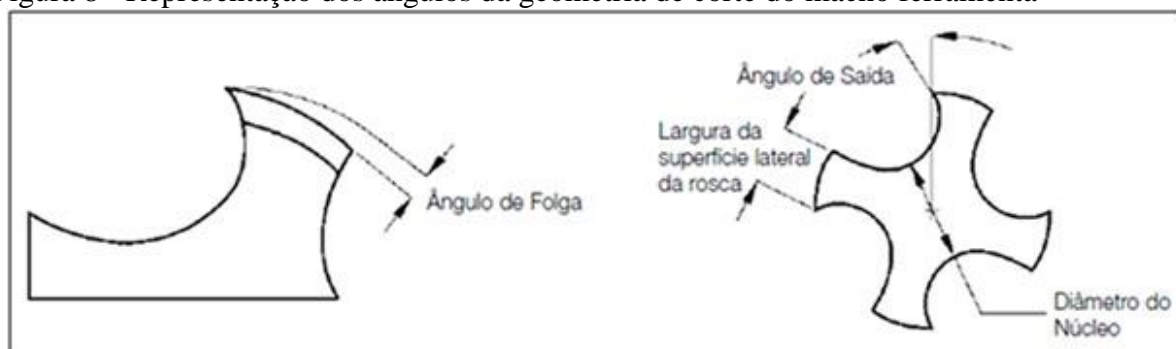
Fonte: Markus (2001).

Quanto a análise do comportamento do material durante a usinagem retratado na Figura 7, Markus (2001) define a área “C” ao longo do plano de cisalhamento como região entre material da peça e cavaco, ou material indeformado e material deformado. A área “B” representa a região de superfície adjacente ao flanco da ferramenta e também da superfície usinada. Por fim, a região “A” é definida pelo contato entre cavaco e superfície da ferramenta.

A Figura 7 representa ainda as superfícies do ângulo de cunha da ferramenta, formado entre a superfície de saída do cavaco e a superfície de incidência ou folga. Segundo Machado et al. (2009), tamanha a importância fez necessário normalizar os ângulos de cunhas de ferramentas de corte pela norma brasileira NBR 6163 – Conceitos da Técnica de Usinagem: Geometria da Cunha Cortante: Terminologia (ABNT, 1980).

O macho ferramenta, utilizado na abertura de roscas internas tanto cilíndricas como cônicas, possui filetes externos com perfil e dimensões padronizados, além de canais longitudinais, que formam as arestas cortantes e permitem a saída do cavaco (FREIRE, 1976). Seu ângulo de folga (ou incidência) e de saída, que formam o ângulo de cunha, são observados na Figura 8.

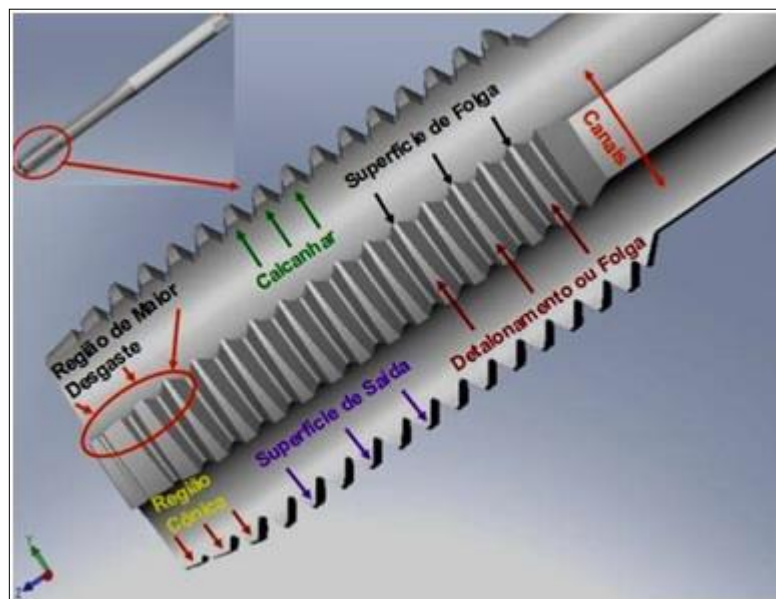
Figura 8 - Representação dos ângulos da geometria de corte do macho ferramenta



Fonte: Dormer (2005).

De acordo com Reis (2004), a usinagem da rosca é realizada pelas arestas de corte dos filetes da entrada, localizados no cone ou chanfro do macho, e pelo primeiro filete de rosca completa no corpo cilíndrico. Bezerra et al. (2001) afirma que a região do macho com maior incidência de avarias e desgastes é o chanfro, especificado na Figura 9.

Figura 9 - Geometria de um macho ferramenta de canais retos



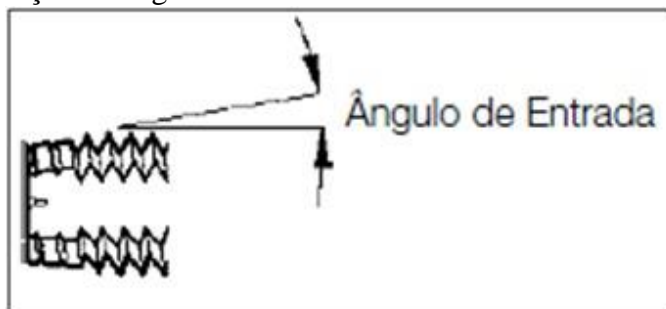
Fonte: Mota (2009).

Existem três tamanhos padrões de chanfro (BAKER, 2003):

- chanfro curto: formado por um ou dois filetes. Recomendado para furos cegos;
- chanfro médio: formado por três a cinco filetes. Uso recomendado para furos passantes;
- chanfro longo: formado por oito a onze filetes. Recomendado para furos passantes em situações de alta produção, como na fabricação de porcas, para uma maior vida útil do macho, e ainda na usinagem de materiais muito abrasivos.

Conforme Dormer (2005), o ângulo de entrada do macho (Figura 10) está relacionado ao número de filetes do chanfro de modo que, quanto maior for o número de filetes, menor será o ângulo de entrada.

Figura 10 - Representação do ângulo de entrada do macho ferramenta

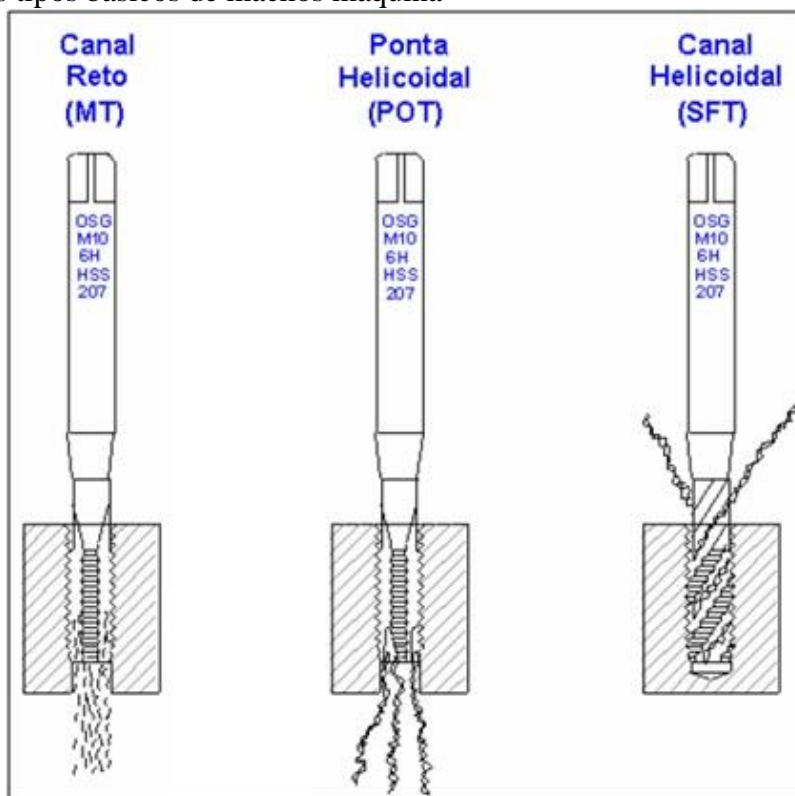


Fonte: Dormer (2005).

Quanto aos tipos de canais dos machos máquina, Johnson (1989) afirma que são fabricados machos com canais retos, em hélice (helicoidais) ou uma combinação destes. As funções dos canais são de formar as arestas de corte em combinação com os filetes, servir de canal para saída dos cavacos e facilitar a entrada do fluido de corte até a região do corte. É possível encontrar machos máquina com dois a quatro canais, sendo que quanto menor o número, maior será a largura do sulco. O autor indica o uso de machos com poucos canais na usinagem de materiais metálicos com cavacos moles, ou em rosqueamento de furos profundos, para facilitar a remoção do cavaco.

A principal classificação dos machos máquina, que define os modelos encontrados a venda no mercado, estão relacionados na Figura 11, é em função do tipo do material a ser usinado e, por consequência, do tipo de cavaco que irá formar (MOTA, 2006).

Figura 11 - Três tipos básicos de machos máquina



Fonte: OSG (1999).

Machos com canais retos são indicados para usinagem de roscas internas em furos passantes de materiais que formam cavacos curtos, como em alguns aços e ferro fundido (DORMER, 2005; OSG, 2012).

Já os machos com ponta helicoidal, também conhecido por ponta de bala ou *gun nose*, são recomendados para rosqueamento de furos passantes em materiais que formam cavacos longos. Além de sua ponta impulsionar os cavacos para frente, os canais retos relativamente mais rasos permitem ao núcleo do macho maior diâmetro e maior rigidez, e possibilitam ao fluido de corte chegar até a aresta cortante (DORMER, 2005; OSG, 2012).

Por fim, machos com canal helicoidal são indicados principalmente para furos cegos. Com o mesmo princípio utilizado na broca, os canais helicoidais transportam os cavacos para fora da área de corte, retirando-os do furo, a fim de evitar que se acomodem no fundo do orifício reduzindo assim a chance de quebrar o macho (DORMER, 2005; OSG, 2012).

Na grande maioria, este último modelo de macho possui canais helicoidais com inclinação de aproximadamente 35° à direita, conforme a Figura 12. Modelos com canais a

15° e 45° também são encontrados à venda para utilizações específicas, onde são obtidos melhores resultados quando comparados ao modelo comum (OSG, 2012).

Figura 12 - Representação comercial de macho helicoidal



Fonte: OSG (2012).

Existem ainda machos laminadores, que se diferem dos machos de corte anteriores por não produzirem cavacos. Os filetes da rosca interna são produzidos pela deformação plástica do material. Este processo é utilizado apenas em materiais com baixa resistência à tração, que não deve ultrapassar 1200 N/mm². São adequados a usinagem normal, principalmente ao rosqueamento de furos cegos. Comparado aos machos de corte, possuem vida útil mais longa, produz fios de rosca mais resistentes, com menor rugosidade superficial, e o rosqueamento é mais rápido. Entretanto, os machos laminadores exigem maior potência do fuso, devido ao torque necessário ser maior (DORMER, 2005; OSG, 2012).

2.4.2 Materiais de fabricação

Dos vários materiais existentes utilizados na fabricação de ferramentas de usinagem, alguns critérios devem ser considerados para uma escolha coerente segundo Diniz et al. (1999), como:

- **material usado:** a dureza e o tipo de cavaco formado na usinagem são dois fatores importantes na escolha, a citar como exemplo materiais com características diferentes o alumínio, aço carbono e o ferro fundido;
- **condições da máquina operatriz:** máquinas antigas, que possuem baixa potência e rotação, além de folgas em seus eixos, necessitam de ferramentas com material tenaz e baixa velocidade de corte. O método de fornecimento de fluido de corte na ferramenta, e sua pressão, também são fatores importantes na escolha, principalmente se não existir;
- **geometria e dimensão da ferramenta:** em um rosqueamento manual, os canais de saída do cavaco são retos, para facilitar a operação. Para fabricação de machos especiais, de forma não padronizada, utiliza-se geralmente aço rápido ou um tipo de metal duro que suporte choques

térmicos (podendo ser soldado ao cabo). Quando em pequeno diâmetro, também costumam ser fabricados em aço rápido, pois se fabricada utilizando um material mais nobre exigiria altas velocidades de corte;

- **custo do material da ferramenta:** mesmo que alguns materiais possuam melhor desempenho e vida útil, em alguns casos sua escolha pode não se justificar, devido a uma razoável relação entre custo e benefício, ou ainda ser uma ferramenta utilizada para manutenção, com uso esporádico;

- **condições de operação:** se o sistema de fixação da peça não for suficientemente rígido, e o sistema de fixação do macho no eixo árvore da máquina ferramenta for rígido, não permitir pequenas compensações no movimento, como no uso de um suporte flutuante, exige-se um material para ferramenta mais tenaz.

Algumas propriedades mínimas são requeridas a um material para que ele tenha bom desempenho quando utilizado em uma ferramenta de corte, de acordo com Stemmer (1993), como:

- valor de dureza a frio superior a dureza do material usinado;
- alto valor de dureza a quente;
- tenacidade para resistir a elevados esforços e cortes interrompidos;
- resistência a abrasão;
- estabilidade química;
- facilidade de ser encontrado, com preço viável.

O primeiro material utilizado na indústria para fabricação de ferramentas de corte, segundo Markus (2001), foi o aço ferramenta. Fabricadas utilizando aço-carbono, com teores de carbono entre 0,8 e 1,5%, recebem tratamento térmico para aumento da dureza. Sua composição pode ser modificada, em alguns casos, por uma pequena adição de cromo, vanádio e tungstênio, a fim de obter melhores propriedades. Da mesma maneira, SENAI (2005) especifica teores de carbono entre 0,5 e 1,7% para aços-ferramenta.

Seu uso atualmente restringe-se à usinagem em materiais de baixa dureza, como metais não ferrosos, polímeros, elastômeros, madeira, ou em serviços de reparo e manutenção, com baixa exigência da ferramenta e baixa velocidade de corte. Ainda conforme Markus

(2001), isto se deve ao fato de o material reduzir boa parte do valor da sua dureza em cerca de 250 °C, temperatura relativamente baixa, perdendo sua aplicação como ferramenta de corte.

Stemmer (1993) complementa que os únicos motivos de se utilizar aço-ferramenta na atualidade são o menor preço, facilidade de usinagem da ferramenta, simplicidade no tratamento térmico, e quando bem temperado, boa dureza e resistência ao desgaste, além da tenacidade.

Em 1900, causando espanto e admiração do público pelo desempenho, F. W. Taylor apresentou na Exposição Mundial de Paris o aço-rápido, em inglês, *High Speed Steel* (HSS). Segundo Stemmer (1993), originalmente este material era composto de tungstênio, cromo e vanádio como elementos de liga, com teor de manganês o mais baixo possível, para torná-lo menos frágil.

A atual classificação de aços-liga da ABNT, conforme SENAI (2005), especifica percentuais de adição ao aço rápido de 8 a 20% de tungstênio (W), 1 a 5% de vanádio (V), 3 a 4% de cromo (Cr) e até 8% de molibdênio (Mo) que confere ao material excepcional dureza e considerável resistência ao corte, mesmo com a ferramenta aquecida pela alta rotação e atrito no corte, em comparação ao aço-ferramenta. As propriedades mecânicas do HSS permitiram ainda um excelente desempenho quando utilizado em ferramentas de conformação. Atualmente, cilindros laminadores, matrizes, fieiras e punções são fabricados por aço rápido.

Stemmer (1993) justifica a adição do molibdênio a composição original do aço rápido em virtude da escassez do tungstênio, em 1942, provocada pela 2ª Guerra Mundial. A nova composição química reduziu a forjabilidade do aço rápido, e tornou mais complexo o seu tratamento térmico, obtido atualmente com temperatura de cerca de 1300 °C para têmpera. Entretanto, os aços rápidos ao molibdênio ainda possuem expressiva utilização, devido ao menor preço e menor peso específico do molibdênio, sendo assim utilizado na composição pela metade da quantidade do tungstênio, conferindo propriedades semelhantes.

Conforme Markus (2011), a principal vantagem do aço rápido sobre o aço ferramenta, é a capacidade de suportar velocidades de corte bem superiores (cerca de 10x VC) e ter ainda, maior vida útil da ferramenta. Isto se deve ao fato de manter sua dureza até 600 °C, além de uma maior resistência a abrasão.

Com uma pequena modificação na composição química, mas de expressiva mudança, vale citar o aço rápido com cobalto (Co), chamado de Aço super rápido. Segundo Stemmer (1993), a adição de 8 até 12% de cobalto aumenta o valor da dureza a quente e a resistência ao desgaste do material, mas perde em tenacidade.

Ainda segundo o autor, com o objetivo de limitar os tipos de aços rápido comercializados no mercado, foram padronizados 16 modelos pela norma NBR6189, classificados em Aço rápido ao Tungstênio, Aço rápido ao Molibdênio, Aço rápido ao Cobalto, entre outros.

Na pesquisa por materiais com um bom rendimento luminoso como filamento de lâmpadas, cientistas descobriram o uso do tungstênio, matéria prima também para o Metal duro que, segundo Markus (2011), é o material mais importante para ferramentas usado na usinagem industrial atualmente.

Stemmer (1993) afirma que:

“O tungstênio é o metal de mais alto ponto de fusão: 3.387 °C, de mais alta resistência a tração: 4.200 N/mm², de mais baixo coeficiente de dilatação térmica: $4,4 \times 10^{-6}$ mm/mm°C, peso específico: 19,3 kg/dm³.”

Stemmer (1993) complementa que devido à inexistência de cadinhos que suportassem os mais de 3000 °C para a fusão do tungstênio e fabricação de ferramentas de metal duro, desenvolveu-se o método da sinterização e o desenvolvimento da metalurgia do pó.

Neste processo de fabricação, segundo Markus (2011), o minério conhecido por Scheelita e formado por tungstênio de cálcio (CaWO₄), é reduzido através de várias operações químicas e misturado após em um moinho com carbono, os quais formarão o Carboneto de tungstênio (WC), partículas duras do metal duro, e cobalto, que desempenha o papel de metal ligante.

Prensado em uma forma (compactação), com temperatura de cerca de 900 °C em atmosfera de proteção, a ferramenta passa a ter uma pré-forma rígida, chamada briquete, que permite passar por retificação para formação final do perfil.

O último estágio, ainda conforme o autor, é o processo de sinterização, na qual o briquete, em um forno a temperatura entre 1300 e 1600 °C, passa a uma peça acabada de

metal duro. O metal ligante se funde aos carbonetos, o briquete se contrai linearmente em torno de 20 a 50% no seu volume, e sua porosidade é eliminada quase que totalmente.

Como resultado da combinação do tungstênio á este processo de fabricação por sinterização, temos ferramentas em metal duro de alto desempenho, com valores de dureza, segundo Stemmer (1993), entre 76 e 78 Rockwell C (HRC), dureza essa elevada mesmo que em temperaturas por volta dos 1000 °C, além de ótima resistência á compressão, coeficiente de dilatação térmica semelhante á metade da do aço, e oito a vinte vezes a condutibilidade térmica do aço. Estas propriedades resultam em ferramentas com altíssimas velocidades de corte e maior vida útil, em comparação com os materiais anteriores.

2.4.3 Revestimento da ferramenta de corte

Em operações de furação, rosqueamento, brochamento, fresamento de engrenagens, restringe-se o uso de materiais para ferramentas de corte com resistência mais elevada, como metal duro e cerâmica, devido à geometria e dimensões mais críticas destas ferramentas e as condições das operações de usinagem, conforme Diniz et al. (1999).

Sendo o aço rápido o material mais utilizado para fabricação destas ferramentas. Santos e Sales (2005) destacam que a aplicação de coberturas ou revestimentos de outros materiais é uma técnica utilizada para modificar as propriedades da superfície das mesmas. Ainda segundo os autores, a principal função do revestimento em ferramentas de corte é melhorar a resistência ao desgaste da ferramenta, ou seja, aumentar a sua vida útil, além de manter o núcleo tenaz. Podem ser obtidas outras vantagens, como aumento da velocidade de corte e da produtividade, redução da possibilidade de adesão do material nas arestas de corte, e menor força de corte, resultando em menor potência consumida pela máquina ferramenta.

Diniz et al. (1999) convergem com os autores citados anteriormente, quanto ao objetivo da utilização do revestimento. A aplicação de cobertura de nitreto de titânio (TiN), carboneto de titânio (TiC), carbonitreto de titânio (TiCN), ou óxido de alumínio (Al_2O_3) ao aço rápido torna-se uma opção para melhorar suas propriedades, como principalmente a resistência ao desgaste.

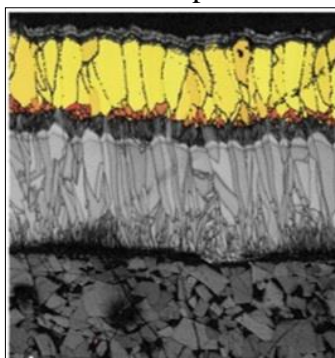
Ainda segundo Diniz et al. (1999), as propriedades desta camada são:

- dureza elevada, na ordem de 2300 HV;

- ductilidade elevada;
- redução razoável da formação de aresta postiça de corte;
- baixo coeficiente de atrito;
- inerte quimicamente;
- espessura entre 1 e 4 μm .

Existe ainda a opção de revestimento multicamadas de acordo com Santos e Sales (2005), que através da combinação de camadas de diferentes materiais, proporciona propriedades diferentes ao revestimento, elevando a vida útil da ferramenta e o campo de aplicação das mesmas. Estas camadas podem ser formadas por diversas combinações entre TiC, TiCN, TiN, Al_2O_3 , como na Figura 13, resultando em um revestimento de espessura total com cerca de 10 μm .

Figura 13 - Ferramenta em Metal duro revestida por camadas de Al_2O_3 e TiN



Fonte: Sandvik (2005).

Conforme Machado et al. (2009), ferramentas fabricadas em aço-ferramenta e aço rápido podem receber cobertura apenas pelo processo *Physical Vapour Deposition* (PVD), devido a modificação da sua microestrutura se expostas a médias ou altas temperaturas. Quando fabricadas com metal duro, podem receber cobertura tanto por este processo, como pelo *Chemical Vapour Deposition* (CVD), pois mesmo em temperaturas de cerca de 1000 °C, não apresentam modificações na sua microestrutura.

Santos e Sales (2005) relatam que o processo de deposição física por vapor (PVD) surgiu em 1970 aplicando revestimento de TiN em ferramentas de aço rápido, sem modificar a microestrutura do material, prevenindo a formação da fase “eta”. Este processo é realizado em forno com temperatura entre 450 e 500 °C, abaixo da temperatura de revenimento do aço rápido, utilizando argônio como gás inerte.

Ainda segundo os autores, devido á baixa pressão, aquecimento e a atmosfera em gás inerte, os materiais sólidos que irão participar do revestimento passam do estado sólido direto ao estado gasoso, realizando a deposição física sobre a ferramenta. Outra vantagem do processo PVD é a obtenção de revestimentos com granulometria mais fina, e o revestimento uniforme em cantos e arestas vivas.

2.5 Fluido de corte

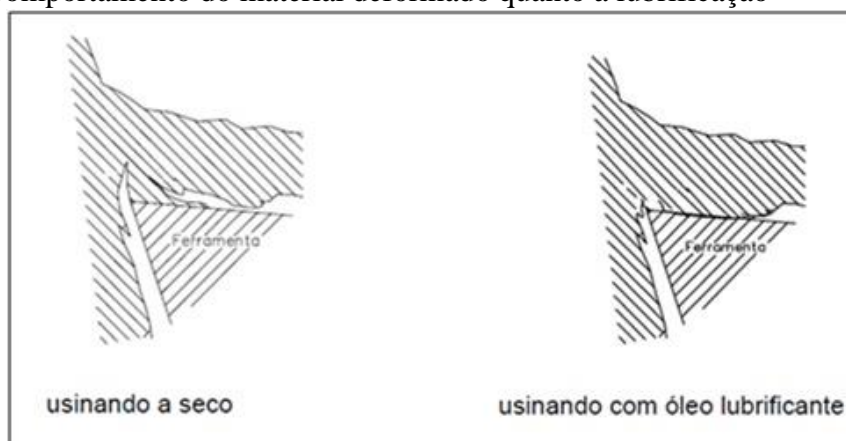
É chamado de fluido de corte qualquer fluido utilizado na usinagem ou corte de materiais, na grande maioria metais (RUNGE; DUARTE, 1990).

Solúveis (diluídos) em água ou utilizados na composição original, de forma concentrada, segundo Santos e Sales (2005) os principais objetivos do fluido de corte são lubrificar em baixas velocidades e refrigerar em altas velocidades de corte.

De acordo com Diniz et al. (1999), uma grande energia é necessária durante a usinagem, para o corte e remoção do material na forma de cavaco somada ao atrito da ferramenta com a peça, os quais geram uma grande quantidade de calor. Esta geração de calor pode ser reduzida, e assim reduzida à potência exigida da máquina-ferramenta, com a redução do coeficiente de atrito através da utilização de novos materiais para ferramentas ou seu revestimento, e pelo uso de fluídos de corte lubrificando o contato entre a aresta cortante da ferramenta e o material da peça, como demonstra a Figura 14.

Stemmer (1993) complementa, justificando que os fluídos de corte têm efeito desprezível sobre a força de corte e por consequência a potência necessária em altas velocidades de corte. Já em baixas ou médias velocidades de corte, se obtêm reduções da força e potência de corte devido á redução do atrito entre ferramenta e material da peça.

Figura 14 – Comportamento do material deformado quanto á lubrificação



Fonte: Santos e Sales (2005).

Quanto mais alta a viscosidade do fluido, maior é o seu poder de lubrificação. Óleos mais viscosos são recomendados para operações de usinagem em que a velocidade de corte é baixa, e o avanço e profundidade de corte são altos, resultando em uma alta taxa de remoção de cavaco e geração de calor devido ao atrito. Faz-se necessário utilizar um óleo lubrificante que adsorva a superfície da ferramenta, criando uma película de óxidos que lubrifique o contato entre ferramenta e material da peça, reduzindo o coeficiente de atrito, diminuindo assim a força de corte e a geração de calor (DINIZ et al., 1999).

Ainda conforme o autor, os óleos leves, menos viscosos, são utilizados com maior propriedade refrigerante, indicado em operações de usinagem com altas velocidades de corte, dissipando rapidamente o calor.

Gonçalves (2008) apud. Runge e Duarte (1990) converge com ambos autores, complementado que é imprescindível a utilização de um fluido de corte durante a usinagem, lubrificando e refrigerando o contato entre a ferramenta e o material, representado na Figura 14. Como vantagens desta prática, tem-se:

- maior vida útil da ferramenta;
- redução da temperatura de usinagem;
- melhor acabamento superficial;
- remoção do cavaco;
- estabilidade dimensional da peça.

Ferraresi (1969) complementa que esta melhoria das condições na usinagem poderá ter ótimos resultados funcionais e/ou econômicos. Como funcionais, o autor cita a menor variação dimensional da peça, melhor desempenho do mecanismo formador do cavaco, maior facilidade de expulsá-lo da região do corte e maior preservação da microestrutura tanto do material da peça quanto da ferramenta. Dentre os resultados econômicos, um menor consumo de energia elétrica da máquina-ferramenta poderá ser constatado, assim como um menor desgaste da ferramenta, o que resulta em menor tempo de paradas para substituição da mesma, e um menor custo de ferramental por peça.

Fluidos de corte de origem animal, vegetal, mineral (petróleo) ou solução química, possuem características particulares, bem como vantagens ou limitações no uso, as quais não são perceptíveis subjetivamente com facilidade, conforme Gonçalves (2008) apud Motta e Machado (1995).

Diniz et al. (1999) complementam, quanto a fabricação, que fluídos de corte de diferentes bases concentradas podem ser adquiridos na condição de serem diluídos em água. O aumento da capacidade refrigerante do fluído pela diluição em água se justifica na Tabela 4.

Tabela 4 - Propriedades do fluído na forma concentrada e diluída

	Óleo mineral	Água
Calor específico (J/gK)	cerca de 1,9	4,2
Condutibilidade térmica (W/mK)	cerca de 0,13	0,6
Calor de vaporização (J/g)	cerca de 210	2.260

Fonte: Stemmer (1993).

Na usinagem de alumínio, material de alta ductilidade e fácil adesão à ferramenta, utiliza-se solvente ou querosene como fluído de corte, pela melhor capacidade de lubrificar o contato entre aresta cortante e material da peça, obtendo assim melhores resultados comparado aos usuais fluídos de corte emulsionáveis. Ferraresi (1969) justifica o emprego destes fluídos de corte, complementando que o papel do fluído é penetrar na interface ferramenta – cavaco até a ponta da ferramenta, através da superfície de saída ou da superfície de folga.

Entretanto, apesar de todas justificativas da utilização do fluído de corte nos processos de usinagem, este é um dos principais elementos causadores da poluição ambiental na indústria metal-mecânica. A contaminação dos recursos hídricos, solo e o ambiente, e as suas consequências, acarretam em uma grande necessidade de estudos sobre o uso em demasia e o impacto ambiental que cada tipo de fluido de corte gera (SILVA et al., 2007).

Conforme Heitkoetter (2011), a estimativa de consumo de fluído de corte no mundo é de 49 milhões de metros cúbicos por ano (m^3 /ano). O meio ambiente e a saúde do operador são os principais riscos diretos gerados por esta elevada utilização, tornando necessário um excelente gerenciamento quanto ao uso e pesquisas.

É importante lembrar que o valor real de utilização nas indústrias pode ultrapassar dez vezes os valores fornecidos, já que os fluídos de corte, se emulsificantes, podem ser diluídos antes do uso, aumentando o impacto ambiental de qualquer prática inadequada (QUEISSADA et al., 2011).

O potencial de poluição de uma tonelada de óleo de corte concentrado equivale a uma carga poluidora de 50.000 habitantes, e apenas 1 litro de óleo é capaz de esgotar o oxigênio de 1 milhão de litros de água. Heitkoetter (2011) destaca ainda que cada litro de óleo lubrificante descartado no solo leva de 100 a 120 anos para se deteriorar.

2.5.1 Gordura animal (banha)

Dentre os vários tipos de fluídos de corte, Diniz et al. (1999) citam os óleos graxos, fabricados por origem vegetal ou animal. Possuem boa capacidade lubrificante, devido a propriedade de molhar a ferramenta e material com facilidade, o que resulta em peças com bom acabamento superficial e confere ainda ao fluido média capacidade refrigerante. Os autores complementam que por se deteriorarem com o tempo, possuem grande viscosidade e alto preço, são substituídos geralmente por óleos minerais compostos, mesmo em aplicações de baixas velocidades de corte, onde os óleos graxos possuem melhor desempenho.

Conforme o RIISPOA (Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal):

Art. 266 - Os produtos gordurosos comestíveis são genericamente denominados "gorduras" com exceção da "banha" e da "manteiga".

Art. 267 - Quando os produtos gordurosos são apresentados em estado líquido serão denominados "óleos".

Art. 280 - Entende-se por "banha" o produto obtido pela fusão exclusiva de tecidos adiposos frescos de suínos inclusive quando procedentes de animais destinados a aproveitamento condicional pela Inspeção Federal, em autoclaves sob pressão, em tachos abertos de dupla parede em digestores a seco, ou por outro processo aprovado pelo D.I.P.O.A., e tão-somente submetido à sedimentação, filtração e eliminação da umidade.

Art. 281 - A "Banha" deve satisfazer às seguintes especificações:

- 1 - cor branca ou branco-creme;
- 2 - inodora ou com odor a torresmo;
- 3 - textura homogênea ou ligeiramente granulada;
- 4 - umidade e resíduos - 1% (um por cento) no máximo;
- 5 - acidez no estabelecimento produtor 1 ml (um mililitro) em soluto alcalino normal por cento, no máximo;
- 6 - ausência de ranço (Kreis).

Conforme Koch et al. (1968), a gordura dos suínos varia de acordo a dieta e o sexo do animal, sendo o tecido do animal formado na sua grande maioria por ácidos graxos insaturados.

Fonseca e Gutierrez (1974) analisaram em triplicata a composição química da banha. Em seus resultados, obtiveram cerca de 60% de ácidos graxos insaturados, e 40% de ácidos graxos saturados, coincidindo com as composições médias de ácidos graxos de gorduras animais e vegetais definidos por Swern (1964).

Os óleos graxos possuem alta oleosidade e permitem uma alta redução do calor de fricção em operações de corte e retífica, considerado por Runge e Duarte (1990) um ótimo fluído de corte, utilizado em situações limites.

Machado et al. (2009) convergem com Ferraresi (1969) e Runge e Duarte (1990), justificando que óleos de origem animal e vegetal são muito eficientes na redução do atrito durante a usinagem, em operações de baixas velocidades de corte. Entretanto, seu baixo calor específico e condutividade térmica os tornam ineficientes em maiores velocidades de corte, devido á baixa condução do calor para fora da região de corte.

Ferraresi (1969) cita o emprego atual de óleos graxos (usualmente gordura suína) como aditivo aos óleos de corte minerais. O percentual utilizado na mistura varia de acordo com os dados de corte na aplicação, como avanço, velocidade de corte, profundidade de corte e formato do cavaco. Ainda segundo o autor, a utilização da gordura suína como aditivo no óleo mineral resulta em melhor molhabilidade e maior penetrabilidade, obtendo melhor acabamento superficial e precisão dimensional.

2.5.2 Fluído de corte mineral

Extraído do petróleo, os óleos minerais puros são excelentes lubrificantes, utilizados na usinagem de materiais dúcteis como aço de baixo carbono, ligas leves e metais não ferrosos como latão e bronze. Quando em menor viscosidade, podem ser utilizados em operações de retífica. Em comparação com os óleos graxos, são mais baratos e possuem menor oxidação (DINIZ et al., 1999).

Ferraresi (1969) converge com o autor, citando a grande utilização do óleo mineral puro em operações de rosqueamento, o qual tem a capacidade de infiltrar e molhar

rapidamente as regiões de corte necessárias devido à sua baixa viscosidade, entre 40 e 200 *Second Saybolt Universal* (SSU) a 38 °C.

Quanto à fabricação, de acordo com Shell (1991), os óleos minerais básicos utilizados para fabricação dos fluídos de corte minerais podem ser:

- **parafínica:** obtido do refinamento do petróleo cru parafínico, com alto teor de parafinas (ceras). São encontrados em maior abundância e desta forma tornam-se mais baratos, além de ótimos lubrificantes, por possuírem elevado índice de viscosidade, alta resistência a oxidação, menos prejudiciais ao operador e menos agressivos a polímeros e elastômeros. Possuem alto ponto de fulgor, e em baixas temperaturas, o óleo mineral parafínico sedimenta;

- **naftênica:** obtido do refinamento do petróleo cru naftênico, estes fluídos de corte possuem baixa qualidade e são escassos. Podem ser utilizados em baixas temperaturas, pois sedimentam apenas em temperaturas extremamente negativas. Em função dos problemas causados à saúde do operador, o uso deste óleo como básico para fabricação de fluído de corte tem diminuído.

Quanto a sua classificação no uso, Ferraresi (1969) e Markus (2001) citam os óleos minerais ativos e inativos.

Os óleos inativos são aqueles que não atacam a superfície do material. Compostos de óleos minerais puros e aditivos também inativos, como os óleos graxos, promovem alta lubrificação (MARKUS, 2001).

Estes fluídos de corte, também chamados de óleos compostos, devido a mistura de óleo mineral puro e óleos graxos, são recomendados para operações de fresamento e furação, segundo Diniz et al. (1999). A adição de óleos graxos varia entre 10 a 30%, e a viscosidade do fluído é ajustada pelo óleo mineral.

Já os óleos minerais ativos, segundo Markus (2001), são aqueles que atacam a superfície do material, devido à adição de enxofre e cloro, entre outros. Ainda segundo o autor, adição destes ao óleo de corte mineral puro caracteriza-o como óleo de extrema pressão (EP) e anti-soldante, propriedades necessárias ao fluído de corte durante o contato da ferramenta com o material na usinagem, o que o faz ser indicado para usinagens mais severas. São mais utilizados na usinagem de aços (FERRARESI, 1969).

A adição de cerca de 2% de enxofre tem por objetivo ser liberado devido à alta temperatura e reagir quimicamente com o material do cavaco em formação (MARKUS, 2001). Esta reação forma um composto com uma resistência de corte muito inferior a resistência original do material, conforme Diniz et al. (1999), permitindo suportar extremas pressões além de evitar a soldagem e por consequência a formação de aresta postiça.

A finalidade da adição do cloro é de criar uma película clorada metálica entre o contato da ferramenta e peça. Sua utilização é restringida em alguns países, devido ao impacto ambiental se descartado de forma incorreta (MARKUS, 2001).

Em usinagens de altas velocidades de corte, que necessitam de uma grande refrigeração, o óleo de corte mineral é emulsionável. A diluição deste óleo em água é possível pelo uso de emulsificadores, substâncias que reduzem a tensão superficial da água, facilitando ou tornando possível a dispersão do óleo em concentrações menores na água. Desta forma, o nome de óleo solúvel geralmente dado a este fluido de corte não é correto, pois óleo e água não se misturam (DINIZ et al., 1999).

Ferraresi (1969) converge com os autores sobre as definições anteriores de óleos emulsionáveis, e acrescenta que estes óleos são comercializados em solução concentrada. Cabe ao usuário diluí-la em água, com proporções variando de 5 a 100 partes de água para uma parte do óleo. Cada fabricante recomenda a proporção ideal a ser diluída, entretanto, cabe ressaltar que a água na mistura tem função refrigerante.

Conforme o autor, emulsões mais ricas, com pequena quantidade de água (ou mesmo o óleo concentrado), apresentam melhores propriedades lubrificantes e anti-oxidante do que refrigerante, recomendado para grandes esforços e baixas velocidades de corte. Já em usinagens mais leves com velocidade de corte elevada, a necessidade de refrigeração torna-se mais importante do que a lubrificação, justificando uma emulsão mais fraca.

2.5.3 Fluido de corte sintético

Fabricados em laboratório, sem conter óleos minerais, são desenvolvidos de acordo com as necessidades de trabalho, conforme Santos e Sales (2005). Os fluidos sintéticos, fabricados por sais orgânicos e inorgânicos, além de aditivos, possuem maior vida útil em função de serem menos atacados por bactérias, o que diminui a necessidade de troca na máquina-ferramenta.

Segundo Markus (2001), possuem maiores propriedades de fluído refrigerante, e suas principais vantagens no uso são:

- facilidade de misturar em água;
- alta capacidade de refrigeração;
- grande vida útil (salvo em contaminações por óleos hidráulicos ou lubrificantes);
- formação de pequenos filmes residuais e de fácil remoção;
- fácil controle e correção da concentração na máquina.

Os fluídos de corte sintéticos comuns, utilizados de maneira concentrada, oferecem ótimas propriedades lubrificantes e boa proteção anticorrosiva. Já as soluções aquosas, possuem excelente desempenho como fluído de corte refrigerante, devido á adição de água (GONÇALVES, 2008).

Quando do uso de óleos sintéticos diluídos em água, este passa a ser chamado de solução aquosa. Tem como vantagens no uso o elevado poder de refrigeração e transparência, facilitando a visibilidade durante a usinagem. A fim de evitar a corrosão, é adicionado ao óleo sais alcalinos, mantendo seu pH entre 8 e 9,5 (STEMMER, 1993).

Gonçalves (2008) reforça as afirmações dos autores, complementando que os fluídos de corte sintéticos, também chamados de soluções verdadeiras, isentos de qualquer outro tipo de óleo, são miscíveis em água. Quando misturados, torna-se impossível separá-los.

Os principais aspectos que diferenciam as soluções das emulsões, segundo Stemmer (1993), são:

- as soluções têm maior vida útil, por ser mais resistentes a bactérias;
- a mistura é mais fácil, necessária pouca agitação;
- utilizadas em concentrações menores, com possíveis diluições de 1:50 a 1:100;
- obtém bons resultados na retificação, mas possui bom desempenho em todos processos de usinagem, quando utilizar a formulação adequada;
- repelem óleos lubrificantes do sistema hidráulico ou de lubrificação da máquina;
- podem atacar vernizes e vedantes;
- devido à grande diluição, podem lavar o óleo proveniente do sistema de lubrificação da máquina, causando emperramento;
- tendência a formação de espuma;

- possibilidade de irritação da pele do operador.

A fim de cumprir com as funções citadas, Machado et al. (2009) cita o uso de vários aditivos ao óleo de corte sintético, como antiespumantes, anticorrosivos, detergentes, umectante, emulsificantes, surfactantes, biocidas, aditivo de extrema pressão (EP).

Sillimann (1992) e El Baradie (1996) classificam os fluídos sintéticos em dois grupos: solução verdadeira e solução tensoativa.

As soluções verdadeiras, sem agentes umectantes, não apresentam boa capacidade lubrificante (EL BARADIE, 1996). Entretanto, segundo Runge e Duarte (1990), possuem excelente capacidade de refrigeração e proteção anticorrosiva, sendo muito utilizado em operações de retificação.

Segundo Sillimann (1992), são utilizados com diluições de até 1:50, quando se busca uma maior prevenção da corrosão, ou até 1:100, para maior refrigeração nas operações de usinagem.

Os fluídos sintéticos do tipo tensoativo, conforme El Baradie (1996), são constituídos por agentes umectantes, neste caso aditivos tensoativos, que aumentam a ação umectante da água, permitindo maior uniformidade da prevenção da corrosão e da dissipação de calor.

A ação do agente umectante faz com que o fluído de corte se espalhe de uma maneira mais eficiente sobre a superfície da peça, resultando em um aumento da capacidade de refrigeração, e a lubrificação química gerada pelo agente, se torna suficiente para usinagens de moderada severidade (RUNGE; DURTE, 1990).

Gonçalves (2008) sugere diluições do fluído de corte concentrado em água em proporções de 1:10 a 1:40. A aparência antes transparente pode ser modificada pela maior distribuição do fluído, variando de transparente a cores claras ou opacas.

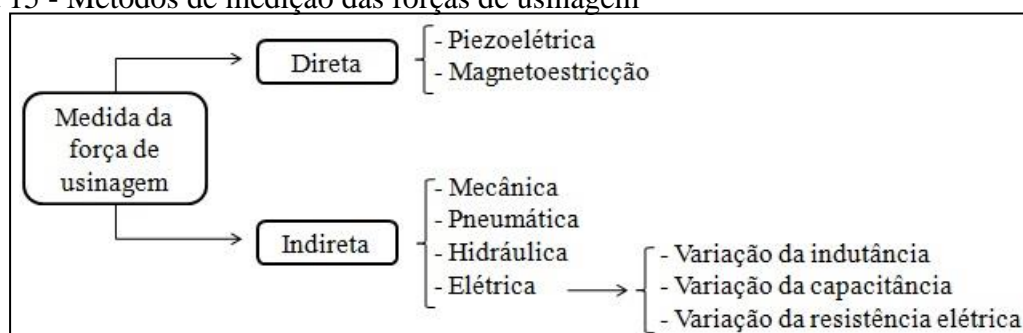
2.6 Dinamômetro

O estudo das forças de corte na usinagem possui extrema importância para o cálculo da potência e rendimento da máquina, além do cálculo da estrutura e mecanismos de acionamento em máquinas operatrizes, bem como para analisar os mecanismos da formação

de cavaco das mais variadas ferramentas de corte e determinar da maneira mais eficiente todas as variáveis em cada processo de usinagem (FERRARESI, 1969).

A medida da força de usinagem, realizada por um dinamômetro, pode ser direta ou indireta, conforme Figura 15, de acordo com Ferraresi (1969). Os métodos de medição indireta se baseiam no deslocamento de uma mola, através de princípios mecânicos, pneumáticos, hidráulicos ou elétricos (através da variação da indutância, capacitância ou resistência elétrica). Os métodos de medida da força de usinagem direta são através da piezoeletricidade ou magneto-estricção.

Figura 15 - Métodos de medição das forças de usinagem



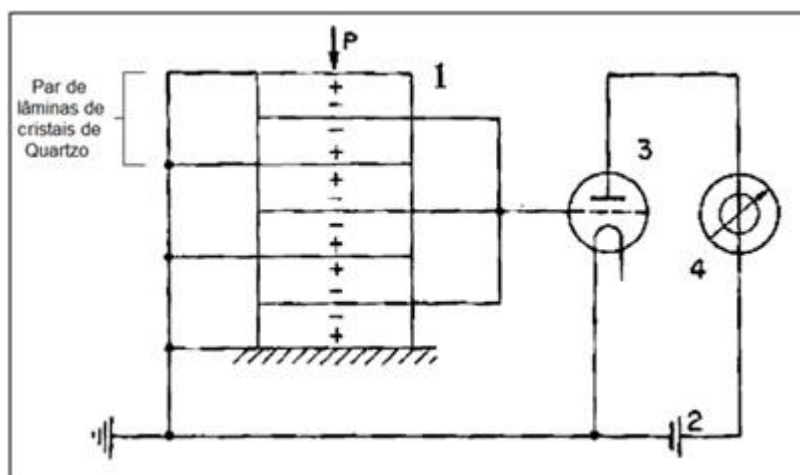
Fonte: Adaptado de Ferraresi (1969).

2.6.1 Dinamômetro piezelétrico

Quando submetidos a esforços mecânicos, alguns cristais possuem a propriedade de se polarizarem eletricamente e, inversamente, de se deformarem elasticamente quando submetidos a uma polarização elétrica. Define-se esta propriedade como piezoeletricidade, presentes nos cristais de quartzo e turmalina (FERRARESI, 1969).

Quando submetido a uma força, o cristal de quartzo apresenta piezoeletricidade apenas em dois sentidos, denominados x e y. Quando da aplicação no dinamômetro, os cristais são cortados em lâminas perpendiculares a estas duas direções. Para aumentar o valor da diferença de potencial gerado por uma força sobre o cristal, várias lâminas são utilizadas em paralelo no dinamômetro, como mostra a Figura 16. O item nº 1 representa um piezo-cristal; nº 2 indica a fonte de alimentação do amplificador; nº 3, a válvula do amplificador; e o nº 4 representa o indicador.

Figura 16 - Princípio de ligação de um dinamômetro piezoelétrico com três pares de lâminas de quartzo



Fonte: Ferraresi (1969).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritas as etapas da metodologia que foram utilizadas neste trabalho.

3.1 Entrevista em empresas sobre a utilização da gordura suína (banha)

Com o intuito de identificar a real utilização da banha de porco como fluído de corte em empresas de usinagem, foi realizado uma entrevista em dez empresas de cidades diversas do Rio Grande do Sul.

Buscou-se ainda nestas entrevistas, identificar quais os processos de usinagem e materiais que o mesmo é utilizado, como é aplicada na ferramenta, os motivos que levam a empresa utilizá-la ao invés de fluídos de corte industriais específicos para os processos, e ainda se o uso da banha gera algum problema, conforme Apêndice 1.

Após contato pessoal ou por telefone, a entrevista em formato .doc que consta no Apêndice 1 foi enviada por email a um responsável da empresa, com função específica à área de conhecimento.

3.2 Análise da banha

Conforme mencionado anteriormente, a gordura dos suínos é afetada pelo sexo e dieta individual (KOCH et al., 1968). Desta forma, podem ser encontrados resultados com algumas variações em análises com amostras de diferentes animais.

Mesmo assim, faz-se necessário analisar a banha de porco, ainda que por uma amostra apenas, pois sua utilização como fluído de corte industrial requer alguns parâmetros técnicos específicos a aplicação, constituintes estes da FISPQ de fluidos comerciais.

Quanto à veracidade dos dados obtidos nesta amostra, todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.2.1 Densidade da banha a 25 °C

A densidade da banha foi determinada conforme Sienko e Plane (1972), medindo-se a sua massa através de balança analítica, e determinando o seu volume utilizando uma proveta com graduação permanente, a temperatura de 25 °C, levando em consideração que uma pequena variação na temperatura pode influenciar consideravelmente o valor encontrado da densidade.

Calculou-se o valor da densidade (ρ), com unidade em g/cm³, a partir da Equação 3:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad [3]$$

Onde:

m: massa em grama

v: volume em cm³

3.2.2 pH dos fluidos

O pH (potencial hidrogeniônico) da amostra foi determinado em pHmetro digital, de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para a análise será homogeneizada a amostra em questão com água deionizada a temperatura ambiente, e após realizada a leitura no equipamento, sabendo que valores abaixo de sete são ácidos, acima caracterizados básicos e igual a sete, neutro.

O valor do pH obtido no pHmetro digital foi comparado com a fita indicadora universal de pH, para analisar a veracidade entre os dois métodos, levando em consideração o uso da fita ser mais prático em oficina industrial e não requer investimento elevado.

3.2.3 Temperatura da banha para atingir a mesma viscosidade do fluido

A viscosidade de um fluido é a resistência à deformação ou ao escoamento. Varia de acordo com as características físico-químicas e temperatura do fluido. Sua unidade é expressa em Poise (g/cm.s) ou Centistokes (mm²/s) (ANVISA, 2008). O experimento utilizado para medir a viscosidade do fluido sintético e da banha de porco foi o Copo Ford Nº 4, viscosímetro de fácil manuseio, no qual a viscosidade está relacionada com o tempo de esvaziamento de um copo de volume conhecido que tem um orifício calibrado na sua base. Foi utilizado copo Ford em alumínio, com um conjunto de orifícios-padrão. O copo foi completamente preenchido com o fluido a ser analisado, com o orifício de saída localizado abaixo do copo fechado com o dedo, conforme a Figura 17. No exato instante que retirou-se o dedo, iniciou a contagem do tempo no cronômetro até o primeiro sinal de rompimento do filete de escoamento.

Figura 17 - Copo Ford



Fonte: Monteiro et al. (2013).

Calculou-se a viscosidade através da Equação 4:

$$V = A \times t + B \quad [4]$$

Onde:

V: viscosidade em mm²/s (centistokes)

t: tempo em segundos

A e B: constantes utilizadas para conversão de segundos para mm²/s (centistokes), onde A = 3,846 e B = 17,3

Realizou-se a análise da viscosidade do fluido de corte sintético em temperatura controlada do ambiente, aproximadamente 25 °C. Para identificar a temperatura na qual a banha atinge a mesma viscosidade do fluído sintético, uma amostra de banha foi aquecida, com temperatura controlada através de termômetro digital para fins alimentícios modelo Tp101, e gradativamente medida a viscosidade, até coincidir os valores.

3.2.4 Ponto de fulgor

É definido por ponto de fulgor a menor temperatura na qual o fluído libera uma quantidade de vapores capaz de inflamar quando na presença de uma chama, em condições controladas. O ponto de fulgor não é suficiente para manter a combustão (SMITH; MARION, 1952).

Realizou-se ensaio utilizando a metodologia de vaso aberto. A amostra de 500 g de banha de porco foi depositada em um recipiente que suporte alta temperatura, aquecido por uma chapa de aquecimento modelo Fisatom 752A até a sua capacidade máxima de 300 °C. Agitou-se a amostra manualmente, e monitorou-se sua temperatura constantemente por um termômetro digital para fins alimentícios modelo Tp101 (capacidade de medição -50 a 300 °C) e, a cada 15 °C, inseriu-se uma chama a gás sobre a amostra no recipiente até acontecer a queima dos vapores da banha já em estado líquido, evidenciada por uma pequena labareda levantada na superfície da amostra. A temperatura indicada neste momento caracteriza o ponto de fulgor.

3.2.5 Teste de corrosão por imersão

Conforme Merçon et al. (2004), a corrosão é um conceito químico popular e presente no dia-a-dia, possível de ocorrer em materiais metálicos e não-metálicos, associado a redução ou ao aumento da massa de uma peça ou componente, pelas saliências geradas, e a redução da vida útil.

Realizou-se o ensaio de corrosão baseado na norma ASTM G48 método b. Foram usinados quatro corpos de prova em aço ABNT 1020 com dimensões de 18 x 18 x 18 mm, resultando em uma área total aproximada de 1944 mm². Em uma das superfícies usinadas de cada corpo de prova, puncionou-se um número de referência para identificar cada peça e a sua face a ser analisada posteriormente. Os mesmos foram limpos com álcool etílico, e no mesmo

instante pesados em balança analítica de precisão e analisados em microscópio metalográfico Pantec modelo MMI 2000, lente de 100 vezes, no laboratório de metrologia da UNIVATES, a fim de registrar a atual situação da superfície. Uma amostra permaneceu ao ar livre no laboratório, e as outras três foram submersas em um recipiente com banha de porco, que permaneceu estático.

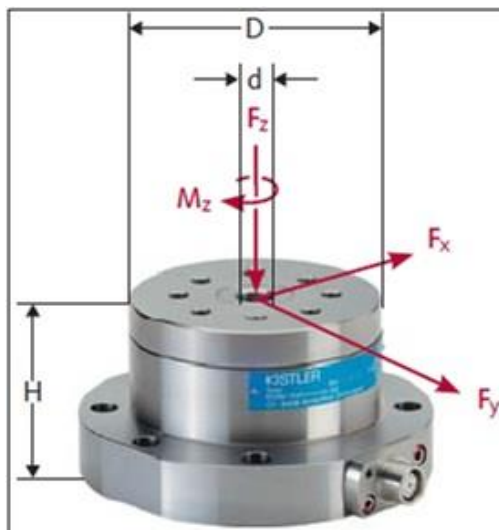
Retirou-se as amostras para análise em diferentes espaços de tempo (uma semana, um mês e dois meses), as quais foram limpas com álcool etílico e pesadas novamente a fim de identificar se houve ou não corrosão por diferença de peso. Analisou-se novamente em microscópio, para comparação do estado da superfície. Utilizou-se como unidade de medida de peso gramas. O corpo de prova ao ar livre serviu de padrão de referência (branco).

3.3 Ensaio de torque

Para analisar o momento torsor (torque) no processo de rosqueamento, utilizou-se como corpo de prova um bloco de aço ABNT 1020 com dimensões de 100 x 100 x 50 mm, com nove furos de diâmetro 5 mm.

Fixou-se o corpo de prova sobre uma plataforma piezelétrica Kistler modelo 9272, conforme Figura 18, o qual possui capacidade de medição de torque de -200 a + 200 N.m.

Figura 18 - Plataforma piezelétrica Kistler modelo 9272

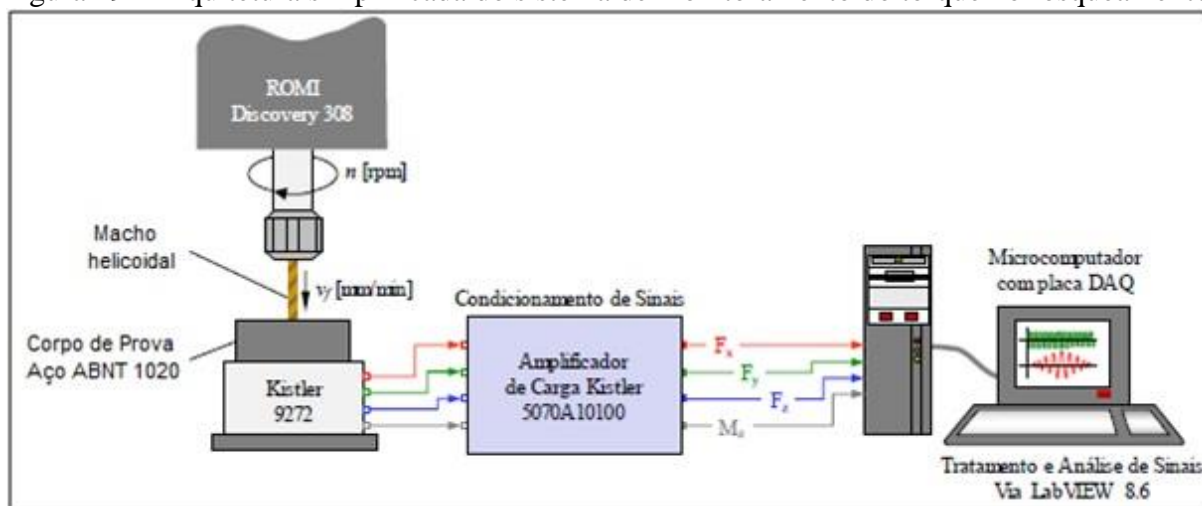


Fonte: Kistler (2009).

Com a plataforma fixada ao barramento de um Centro de Usinagem ROMI modelo Discovery 308, e o macho acoplado ao seu eixo árvore através de suporte flutuante, realizou-

se os rosqueamentos internos. Conectada a um Amplificador de Carga Kistler modelo 5070A10100 e a um microcomputador, analisou-se os dados obtidos pela plataforma através do software LabVIEW 8.6, conforme representação da Figura 19.

Figura 19 - Arquitetura simplificada do sistema de monitoramento do torque no rosqueamento



Fonte: adaptado de Souza et al. (2014).

Para cada rosqueamento, utilizou-se um macho helicoidal em aço rápido M6 x 1 mm novo. Usinou-se três roscas a seco, sem utilizar fluido de corte; três roscas utilizando fluido de corte sintético Quimatic 1, solução concentrada aplicada sobre a ferramenta; três roscas utilizando gordura suína (banha de porco) em temperatura ambiente, aplicada com pincel; totalizando nove valores de torque obtidos.

3.4 Ensaio de durabilidade

Para realizar a análise comparativa da vida útil do macho ferramenta com os diferentes fluidos de corte, utilizou-se corpos de prova em aço ABNT 1020 com espessura de 1/2" e largura 6". Furou-se o maior número de vezes possível em sua superfície com broca de diâmetro 5 mm, passante.

Com os corpos de prova fixados em uma morsa modelo hidráulica, rosqueou-se os furos com macho helicoidal em aço rápido (HSS) M6 x 1 mm, utilizando uma rosqueadeira pneumática com braço articulado, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Rosqueadeira pneumática com braço articulado



Fonte: <http://www.roskamatusa.com/>.

Executou-se o rosqueamento interno com os machos ferramenta até a sua quebra: dois machos a seco, sem utilizar fluído de corte; dois machos utilizando fluído de corte sintético Quimatic 1, concentrado, aplicado sobre a ferramenta a cada rosqueamento; e dois machos utilizando gordura suína (banha de porco) como fluído de corte, aplicado com pincel sobre a ferramenta a cada operação.

Com o ensaio realizado em duplicata, obteve-se um parâmetro indicativo do fluído mais eficiente no processo de rosqueamento quanto à vida útil da ferramenta.

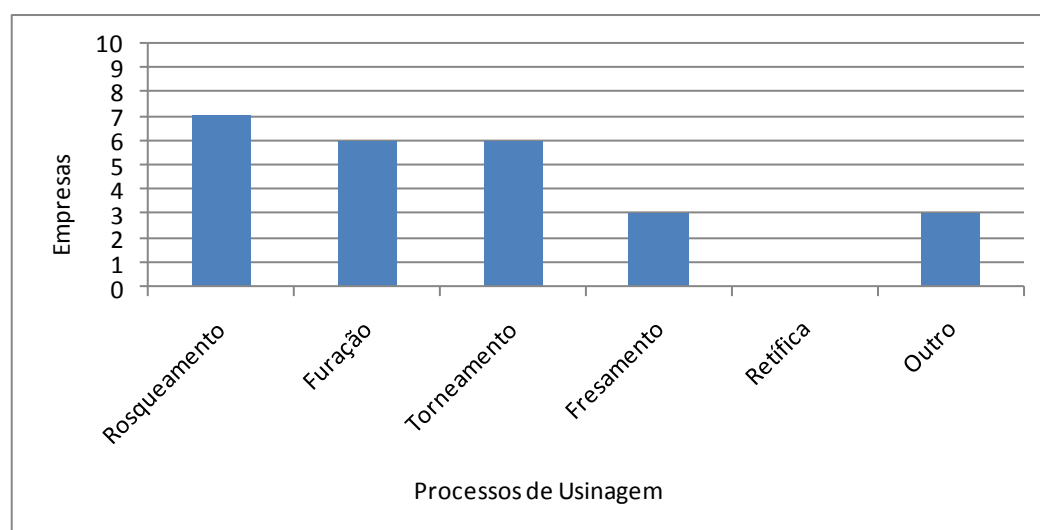
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Entrevista em empresas sobre a utilização da gordura suína (banha)

Com o retorno de nove entrevistas, conforme Apêndice 2, é possível identificar relevância no estudo em questão. Cerca de 90% (noventa por cento) das empresas entrevistadas utilizam a banha de porco como fluido de corte em seus processos de usinagem. A única empresa que não a utiliza no momento justificou que deixou de utilizá-la em virtude da banha não possuir FISPQ (Ficha de Segurança de Produto Químico), exigida pela norma ISO 14001 em todos os produtos utilizados na empresa.

É possível identificar quais são os processos de usinagem mais utilizados conforme a Figura 21.

Figura 21 - Levantamento de dados da entrevista, referente aos processos de usinagem utilizando banha como fluído de corte



Fonte: autor.

Neste caso, confirmou-se a crença da excelente propriedade lubrificante da gordura suína nos processos de usinagem, entre o contato da aresta de corte da ferramenta com o material da peça. A maior utilização identificada foi no processo de rosqueamento, que acontece em menores velocidades de corte, onde a lubrificação acontece com melhor desempenho.

Constatou-se ainda a utilização da banha em diversos materiais. Todos citados a serem usinados foram assinalados, com maior relevância nos aço carbono, inoxidável e aço liga. A aplicação do fluido de corte em questão é realizada na grande maioria utilizando pincel.

Os principais fatores que justificam a sua utilização, de acordo com as empresas entrevistadas, são o menor torque (força), maior vida útil da ferramenta, melhor acabamento superficial, não gerar resíduo ambiental, e não gerar risco à saúde do operador. O fluido sintético Quimatic 1 utilizado nos ensaios comparativos deste trabalho, apresenta riscos a saúde do operador, conforme FISPQ (Anexo 1). Além de um apontamento quanto ao odor, não foram citados desvantagens ou problemas na utilização da banha, e todas as empresas demonstraram pretensão em continuar utilizando-a, devido a sua eficiência e baixo custo.

4.2 Análise da banha

O objetivo destes experimentos foi caracterizar alguns parâmetros físico/químicos relevantes à aplicação industrial em questão.

4.2.1 Densidade a 25 °C

Estabilizada à temperatura de 25 °C, obteve-se um valor médio de 87,4147 g nas três pesagens com um volume de 30 ml (30 cm³). Através da Equação 3, calculou-se a densidade.

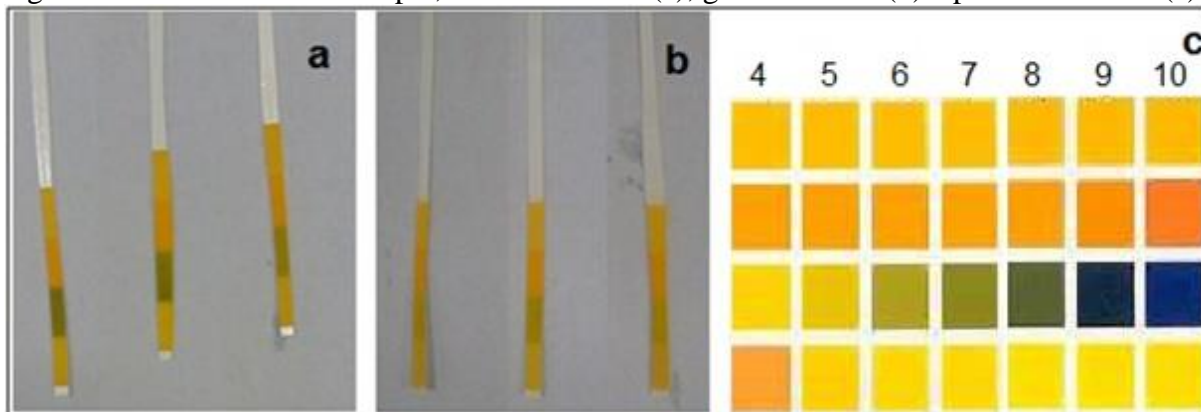
$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{87,4147}{30} = 2,91 \text{ g/cm}^3 \quad [5]$$

Comparada à densidade média do fluido de corte sintético, especificada na FISPQ do produto no Anexo 1, que é de 1,105 g/cm³, identifica-se maior densidade da gordura suína, a qual contribui possivelmente para uma melhor lubrificação.

4.2.2 pH

Obteve-se um valor médio do pH da gordura suína de 5,8 e, do fluido sintético, 7,53, caracterizando-os em ácido e básico, respectivamente. Mensurou-se também, de maneira subjetiva, os valores do pH através da fita indicadora de pH, indicando que a mesma pode ser utilizada em ensaios preliminares, conforme Figura 22.

Figura 22 – Fita indicadora de pH, fluido sintético (a), gordura suína (b) e padrão de cores (c)



Fonte: Autor.

Segundo Oliveira (2015), fluidos caracterizados como ácidos induzem à corrosão de metais. Identificou-se preliminarmente desta forma que a gordura suína pode gerar corrosão.

4.2.3 Temperatura da gordura suína para atingir a mesma viscosidade do fluido

Cronometrou-se o tempo de escoamento do fluido sintético utilizando um copo Ford nº 4, e através do tempo médio obteve-se por cálculo a viscosidade do fluido de 59,06 centistokes.

Para que a gordura suína atingisse este valor de viscosidade, aqueceu-se a mesma em diversas temperaturas, tendo como resultado 100 °C. O bombeamento deste fluido de corte em uma máquina-ferramenta deve considerar seu aquecimento a tal temperatura para atingir a mesma vazão do fluido sintético. Entretanto, faz-se necessário ensaiar novamente o desempenho mecânico do macho ferramenta com a gordura suína devido a este novo parâmetro de temperatura.

4.2.4 Ponto de fulgor

Constatou-se que o ponto de fulgor da gordura suína é maior que 300 °C, pois os vapores liberados durante o aquecimento não inflamaram, conforme Figura 23.

Figura 23 – Ensaio de ponto de fulgor



Fonte: Autor.



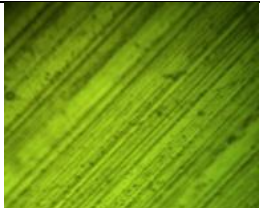
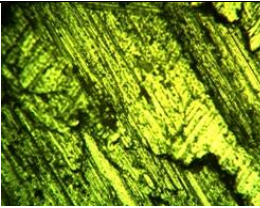

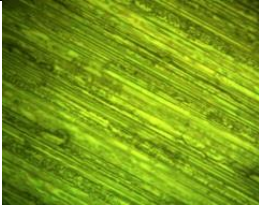

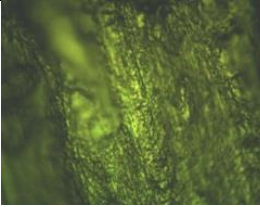




4.2.5 Teste de corrosão por imersão

Segundo Ramanathan (1977):

“O método de ganho de peso é mais comum em estudos da extensão ou velocidade de oxidação ou escamação a elevadas temperaturas. Este método é também apropriado para estimar a corrosão aquosa, se os produtos de corrosão são quase insolúveis e aderem à amostra.”

Na Tabela 5 é possível observar e comparar o estado da superfície e o peso das amostras, obtidos no ensaio.

Tabela 5 - Comparação da superfície e peso dos corpos de prova

	Quando usinado	Quando retirado	Branco usinado	Branco após
7 dias				
	44,983 g	45,005 g	44,765 g	44,830 g
30 dias				
	44,696 g	44,835 g	44,765 g	44,814 g
60 dias				
	45,488 g	45,542 g	44,765 g	44,791 g

Fonte: autor.

Após sete dias, registrou-se um aumento de massa de apenas 0,048% no corpo de prova submerso na gordura suína. Em trinta dias, o segundo corpo de prova retirado possuía 0,311% a mais de massa e, o terceiro, 0,118%.

Com o corpo de prova “branco” houve um comportamento semelhante. Percebeu-se um aumento de 0,145% de sua massa após sete dias, 0,109% após trinta dias e 0,058% em 60 dias.

Ou seja, constatou-se em ambas as condições expostas dos corpos de prova, um aumento inicial de sua massa e posterior diminuição devido à existência de corrosão.

Quanto ao ensaio visual, percebe-se subjetivamente a ocorrência da corrosão nos corpos de prova imersos na gordura suína, entretanto, muito menor do que comparado ao corpo de prova “branco”.

A corrosão do aço quando em contato com a gordura suína justifica-se também devido ao seu pH ácido, mensurado no ensaio acima.

4.3 Ensaio de torque

Conforme a Figura 24, fixou-se a plataforma piezoelétrica em um Centro de Usinagem, e conectou-se a mesma ao amplificador de sinais e este ao computador.

Figura 24 – Centro de usinagem com plataforma piezoelétrica e amplificador de sinais



Fonte: Autor.

Em triplicata, rosqueou-se com um macho máquina M6 o corpo de prova a seco, com fluido sintético Quimatic 1 e com a gordura suína, analisando-se a força e o momento torsor durante a usinagem. Os valores médios obtidos estão especificados na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Valores médios de Força e Torque obtidos no ensaio

	<i>Seco</i>	<i>Fluido sintético</i>	<i>Gordura suína</i>
Força (N)	2900	1866	1716
Torque (N.m)	5,9	4,66	4,25

Fonte: Autor.

Comparando-se a força necessária para o rosqueamento entre o processo a seco e com a utilização do fluido sintético, identifica-se uma redução de cerca de 36% da força utilizada pela máquina-ferramenta, justificando a utilização de um fluido de corte durante os processos de usinagem.

Registrou-se os menores valores de força e torque durante o rosqueamento com a utilização da gordura suína, justificando-se, neste ensaio, possuir maior eficiência de lubrificação e o caracterizar melhor fluido de corte.

4.4 Ensaio de durabilidade

Rosqueou-se os diversos furos até a quebra do macho ferramenta, e obteve-se os seguintes resultados, listados na Tabela 7:

Tabela 7 - Quantidade de furos rosqueados até a quebra do macho ferramenta

	<i>Seco</i>	<i>Fluido sintético</i>	<i>Gordura suína</i>
Macho ferramenta 1	15	330	> 750
Macho ferramenta 2	9	558	> 750

Fonte: Autor.

Novamente, analisando-se a quantidade de furos rosqueados a seco até a quebra, destaca-se a grande necessidade de lubrificar-se a ferramenta durante a usinagem.

Assim como no ensaio anterior, contatou-se novamente o desempenho superior da gordura suína como fluido de corte no rosqueamento interno de aços carbono com macho ferramenta.

Identificaram-se, durante o ensaio, outros fatores que indicam melhor desempenho da gordura suína. A rosqueadeira possui um dispositivo mecânico que atua na forma de uma catraca, acionado quando o rosqueamento acontece em determinado torque. Este mecanismo tem aplicação para rosqueamento de furos cegos. Ao rosquear-se os furos a seco e com o fluido sintético, por vezes, este mecanismo atuou momentos antes da quebra. Já com a banha de porco, não acionou-se nenhuma vez.

Quanto ao cavaco gerado pela usinagem, possuiu perfil longo e foi ejetado distante constantemente durante o rosqueamento com a banha. Já com o fluido sintético, após um determinado período de uso, o cavaco enroscou-se por vezes no macho ferramenta, como pode-se observar na Figura 25.

Figura 25 – Cavaco enroscado no macho ferramenta durante o rosqueamento lubrificado com fluido de corte sintético



Fonte: Autor.

5 CONCLUSÃO

Através das análises físico/químicas verificou-se que a gordura suína possui propriedades distintas se comparado com o fluido sintético. A presença de corrosão em peças metálicas com a utilização da banha, mesmo que em pequena incidência, está possivelmente relacionada ao seu pH ácido.

Além de possuir melhor poder lubrificante, constatado no ensaio de força e torque, outra característica relevante da gordura suína como fluido de corte ao processo de usinagem em questão é o seu estado pastoso, permitindo maior aderência à superfície da peça que, durante a usinagem, diminui a viscosidade devido ao calor gerado e assim, escoar lubrificando a ferramenta durante toda a operação.

Na usinagem de peças com geometria complexa, em máquinas CNC's, diversas ferramentas trabalham com a refrigeração constante de um fluido de corte emulsionável (diluído em água) aplicado por uma moto-bomba instalada em um reservatório. Sabe-se que tal fluido não é o mais indicado para a operação de rosqueamento interno com macho ferramenta, e a usinagem desta forma acarretará na rápida quebra da ferramenta e possível sucateamento da peça. Os resultados obtidos através dos ensaios justificam a parada da máquina CNC em toda operação de rosqueamento interno para sua lubrificação com banha de porco.

Com base nos resultados obtidos neste estudo pôde-se concluir que a gordura suína possui desempenho mecânico superior como fluido de corte, em comparação ao fluido de corte sintético, na lubrificação do macho ferramenta, desmistificando esta prática usual constatada em empresas de usinagem.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliar o desempenho de diferentes fontes de gordura animal, bem como gordura vegetal, como fluido de corte.

Analisar a capacidade da superfície do metal do macho ferramenta absorver ou adsorver o óleo protetor de metais “Militec”, a gordura suína e um fluido sintético, quando mergulhado nestes a determinada temperatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT <http://www.abntcatalogo.com.br/default.aspx>. Acesso em 14/10/2015.

ANVISA. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2ª Ed. Revista – Brasília. 2008.

BAKER, A. **Machos: a Maneira Correta de Selecionar estas Ferramentas, Máquinas e Metais**. 2003.

BEZZERA, A. A.; COELHO, R. T.; DA SILVA, L. R.; JÚNIOR, A. B. **Investigação do Processo de Roscamento com Alta Velocidade de Corte em Ferro Fundido**. Anais do COBEM 2001 (Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica). Uberlândia. 2001.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. São Paulo. 2012.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. MM Editora. São Paulo. 1999.

DORMER. **Catálogo de Ferramentas**. 2005

EL BARADIE, M. A. **Cutting fluids: Part I - Characterization**. Journal of Material Processing Technology. Nº 56. Dublin. 1996.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. 1º vol. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 1969.

FONSECA, H.; GUTIERREZ, L. E. **Composição em ácidos graxos de óleo vegetais e gorduras animais**. Vol. XXXI. Departamento de Tecnologia Rural da ESALQ. São Paulo. 1974

FREIRE, J. M. **Tecnologia Mecânica (Instrumento de trabalho na bancada)**. Vol. 1. 1ª Ed. Editora S.A. 1976.

GONÇALVES, P. S. C. **Boas práticas ambientais na utilização de fluido de corte nos processos de usinagem**. UNESP. 2008.

HEITKOETTTER, B. F. A. **Aplicação de mapas cognitivos para a estruturação do levantamento dos critérios de utilização de óleo vegetal na produção do fluido de corte**. 2011. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos. 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo. 2008.

JOHNSON, M. **American Society for Metals**. Metals handbook, 9 ed. Metals Park. Ohio. 1989.

KISTLER. **Cutting force measurement: precise measuring systems for metal-cutting**. KistlerGroup. Winterthur. 2009.

KOCH, E. E.; PARR, A. F.; MERKEL, R. A. **Fatty acid composition of the inner and outer layers of porcine backfats as affected by energy level, sex and sire**. J. Food Sci. 1968.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. 1ª ed. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 2009.

MARKUS, W. **Aspectos tecnológicos da minimização e eliminação do fluido de corte no processo de torneamento com insertos de metal-duro revestidos com TiN**. Florianópolis, 2001.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I. C.; MAINIER, F. B. **Corrosão: Um Exemplo Usual de Fenômeno Químico**. Química Nova na Escola. Nº 19. 2004.

MONTEIRO, M. A. A.; VAZ, E. L. S.; SAMPAIO, M. M.; CODARO, E. N.; ACCIARI, H. A. **Determinação de Sacarose no Xarope Artificial de Groselha por Medidas de Viscosidade: uma Abordagem Multidisciplinar**. Cad. Bras. Ens. Fis. Vol. 30. Nº 3. 2013.

MOTTA, M. F., MACHADO, A. R. **Fluidos de corte: tipos, funções, seleção, métodos de aplicação e manutenção**. Revista Máquinas e Metais. 1995.

MOTA, P. R. **Estudo do Processo de Rosqueamento com Macho de Corte de Metal Duro em Ferro Fundido Vermicular**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2009.

MOTA, P. R. **Investigação do Comportamento de Ferramentas de Aço-rápido no Processo de Rosqueamento Interno em Alta Velocidade de Corte**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2006.

MULLER, P.; SOTO, M. **Usinagem sem refrigeração de furos e roscas**. 4º Seminário Internacional de Alta Velocidade. Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara D'oeste. 1999.

Norma ASTM G48-03. **Standard Test Methods for Pitting Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution**. 2009.

OLIVEIRA, M. C. **Estudo da resistência à corrosão de ligas Ni-Cr-Mo-Ta e Ni-Cr-Mo-W em solução NaF 0,08 mol/L, pH 4,7 para aplicações odontológicas**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. São Paulo. 2015.

OSG. **Manual Técnico – Machos**. OSG Ferramentas de Precisão Ltda. Vol. 1. São Paulo. 1999.

QUEISSADA, D. D.; SILVA, F. T.; PAIVA, T. C. B. **Tratamentos integrados em efluentes metal-mecânico: precipitação química e biotratamento em reator do tipo air-lift.** Eng. Sanit. Ambient, Vol. 16. Nº 2. 2011.

RAMANATHAN, L. V. **Corrosão e seu controle.** Hermus: São Paulo, 1977.

REIS, A. M. **Avaliação do desempenho de Diferentes Materiais de Ferramenta no Processo de Rosqueamento Interno de Ferro Fundido Cinzento, através do Monitoramento do Desgaste.** Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2004.

RIISPOA. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.** Título VII - Inspeção Industrial e Sanitária de Carnes e Derivados; Capítulo V – Graxaria; Seção II - Produtos Gordurosos Comestíveis. Aprovado pelo DECRETO Nº 30.691, DE 29 DE MARÇO DE 1952, pelo Presidente Getúlio Vargas, tendo em vista o que dispõe o Art. 14 da Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950.

RUNGE, P. R. F.; DUARTE, G. N. **Lubrificantes nas Indústrias – Produção, Manutenção e Controle.** Triboconcept – Edições Técnicas. 1990.

SANTOS, S. C.; SALES, W. F. **Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais.** CEFET-MG, PUC Minas. 2005.

SCHAEFFER, Lirio. **Conformação mecânica.** 2. ed. Imprensa Livre. Porto Alegre. 2004.

SENAI. RS. **Informações tecnológicas – Mecânica.** 11. ed. Diretoria de Educação e Tecnologia/Unidade de Negócios em Educação Profissional. Porto Alegre. 2005.

SHA, J.; NI, J.; WU, S. M. **Development of a Tap Wear Monitoring Scheme. Proceedings of Manufacturing International.** Part. 4 – Advances In Materials And Automation. Atlanta. 1990.

SHELL. **Curso de Lubrificação Industrial - Fluidos de Corte.** Centro de Treinamento, Shell do Brasil, Divisão Petróleo, Imp. Metodista. 1991.

SIENKO, M. J.; PLANE, R. A. **Experimental Chemistry.** 4. Ed. New York. 1972.

SILVA, L. R.; BIANCHI, E. C.; FUSSE, R. Y.; CATAI, R. E.; FRANÇA, T. V.; AGUIAR, P. R. **Analysis of surface integrity for minimum quantity lubricant - MQL in grinding.** International Journal of Machines Tools & Manufacture. Vol. 47. 2007.

SILLIMAN, J. D. **Cutting and Grinding Fluids: Selection and Application.** Society of Manufacturing Engineers. 2ª ed. 1992.

SMITH, M.; MARION, L. **Fuels and combustion.** 1ª ed. McGraw-Hill Book Company. New York. 1952.

SOUZA, A. J; MATTES, F. B; MOGNAGA, G. F. **Análise dos Esforços de Corte gerados na furação de ferro fundido DIN GGG50 para brocas de metal duro com diferentes microgeometrias.** VIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Uberlândia. 2014

STEMMER, C. E. **Ferramentas de corte I**. 3ª ed. Editora da UFSC. Florianópolis. 1993.

SWERN, D. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. 3ª ed. Interscience Publishing. New York. 1964.

TELECURSO 2000. **Processo de Fabricação**. Vol. 2. Cap. 29. Fundação Roberto Marinho. 2008.

TRENT, E. M. **Metal cutting**. 2. ed. Butterworths & Co. Londres. 1985.

APÊNDICE

APÊNDICE 1: ENTREVISTA



ENTREVISTA PARA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNO: Daniel Carlos Konzen

TRABALHO: Experimento sobre a utilização de gordura de porco como fluído de corte no processo de rosqueamento

OBJETIVO: Desmistificar a utilização da banha de porco como fluído de corte. Comprovar cientificamente se é mais eficiente ou não que um Fluído de corte Sintético. Como experimento prático, será medida a força de corte de um macho helicoidal M6x1mm no rosqueamento em aço ABNT1020, utilizando um Dinamômetro em uma Fresadora. Além disto, será analisada a durabilidade do macho, rosqueando com uma Rosqueadeira Pneumática, um bloco de aço ABNT1020 até que este quebre. Em ambos os experimentos, será realizada triplicata, para garantir a veracidade dos mesmos.

EMPRESA:

CIDADE:

ÁREA DE ATUAÇÃO:

ENTREVISTADO:

FUNÇÃO NA EMPRESA:

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?
☐ SIM ☐ NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?
3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?
- ☐ Rosqueamento ☐ Outro: _____
- ☐ Furação
- ☐ Torneamento
- ☐ Fresamento
- ☐ Retífica

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

- | | |
|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aço carbono | <input type="checkbox"/> Alumínio |
| <input type="checkbox"/> Aço inoxidável | <input type="checkbox"/> Cobre |
| <input type="checkbox"/> Aço liga | <input type="checkbox"/> Outro: _____ |

6. Quais os motivos de utilizá-la?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Menor torque (força) | <input type="checkbox"/> Possível utilizar ap (prof. corte) maior |
| <input type="checkbox"/> Maior vida útil da ferramenta | <input type="checkbox"/> Não gera resíduo ambiental |
| <input type="checkbox"/> Melhor acabamento | <input type="checkbox"/> Não gera riscos a saúde do operador |
| <input type="checkbox"/> Mais barato | <input type="checkbox"/> Outro: _____ |

7. Como é realizada a aplicação da banha?

- ☐ Utilizando pincel
- ☐ Imersão da ferramenta no recipiente
- ☐ Por gravidade (aquecida em um recipiente)
- ☐ Através de bomba
- ☐ Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

APÊNDICE 2: RESPOSTAS DA ENTREVISTA

EMPRESA: Amaden Metalurgia

CIDADE: Vera Cruz/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Usinagem/Metalúrgica

ENTREVISTADO: Felipe Hoffmann

FUNÇÃO NA EMPRESA: Sócio proprietário

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?
☒ (x) SIM ☐ () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?
3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?
- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> (x) Rosqueamento | <input type="checkbox"/> () Retífica |
| <input checked="" type="checkbox"/> (x) Furação | <input checked="" type="checkbox"/> (x) Outro: Ajuste com alargador e quando |
| <input checked="" type="checkbox"/> (x) Torneamento | limar uma liga de alumínio pastosa |
| <input checked="" type="checkbox"/> (x) Fresamento | (embucha a lima) |

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

<input checked="" type="checkbox"/> (x) Aço carbono	<input checked="" type="checkbox"/> (x) Alumínio
<input checked="" type="checkbox"/> (x) Aço inoxidável	<input checked="" type="checkbox"/> (x) Cobre
<input checked="" type="checkbox"/> (x) Aço liga	<input type="checkbox"/> () Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

<input checked="" type="checkbox"/> (x) Menor torque (força)	<input checked="" type="checkbox"/> (x) Possível utilizar ap (prof. corte) maior
<input checked="" type="checkbox"/> (x) Maior vida útil da ferramenta	<input checked="" type="checkbox"/> (x) Não gera resíduo ambiental
<input checked="" type="checkbox"/> (x) Melhor acabamento	<input checked="" type="checkbox"/> (x) Não gera riscos a saúde do operador
<input checked="" type="checkbox"/> (x) Mais barato	<input checked="" type="checkbox"/> (x) Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

☒ (x) Utilizando pincel

☐ () Imersão da ferramenta no recipiente

☐ () Por gravidade (aquecida em um recipiente)

☐ () Através de bomba

☐ () Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Quando utilizada no processo de torneamento ou fresamento, onde existe maior aquecimento do material, gera-se uma fumaça junto com um odor forte

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não, pelos motivos acima citados e pelo fato de ser fácil de encontrá-la no mercado.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

EMPRESA: Benfato Usinagem LTDA

CIDADE: Porto Alegre/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Parafusos especiais

ENTREVISTADO: Domingos

FUNÇÃO NA EMPRESA: Diretor

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

Já utilizamos para madrilamento, abrir rosca e furar materiais.

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

Quando iniciei o trabalho com torno mecânico, ouvi falar na empresa.

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

(x) Rosqueamento

() Fresamento

(x) Furação

() Retífica

() Torneamento

(x) Outro: Mandrilamento

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

(x) Aço carbono

(x) Alumínio

(x) Aço inoxidável

(x) Cobre

(x) Aço liga

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

(x) Menor torque (força)

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Maior vida útil da ferramenta

(x) Não gera resíduo ambiental

(x) Melhor acabamento

(x) Não gera riscos a saúde do operador

(x) Mais barato

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

() Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Não gera problemas.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não, o uso do mesmo é satisfatório.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

Um dos produtos para usinagem e bem mais em conta que os demais de linha usuais próprios para isto.

EMPRESA: Estrela Cardans

CIDADE: Estrela/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Fabricação e reforma de cardans

ENTREVISTADO: Edson

FUNÇÃO NA EMPRESA: Engenheiro de Produção

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

(x) Rosqueamento

(x) Furação

(x) Torneamento

(x) Fresamento

() Retífica

() Outro: _____

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

(x) Aço carbono

(x) Aço inoxidável

(x) Aço liga

(x) Alumínio

() Cobre

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

(x) Menor torque (força)

(x) Maior vida útil da ferramenta

(x) Melhor acabamento

(x) Mais barato

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Não gera resíduo ambiental

(x) Não gera riscos a saúde do operador

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

() Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Não.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

Banha de porco é indicada até mesmo pelos fabricantes de ferramentas.

EMPRESA: Fermatec Ferramentas

CIDADE: Lajeado/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Ferramentas

ENTREVISTADO: Jázer Roxo

FUNÇÃO NA EMPRESA: Coordenador de produção

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela? Com um primeiro contato com a mecânica em um curso no SENAI, após, todas as empresas que estive usavam.

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

() Rosqueamento

() Furação

(x) Torneamento

() Fresamento

() Retífica

() Outro: Somente máquina convencional

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

() Aço carbono

(x) Aço inoxidável

() Aço liga

() Alumínio

() Cobre

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

() Menor torque (força)

(x) Maior vida útil da ferramenta

(x) Melhor acabamento

() Mais barato

(x) Possível utilizar ap (prof. corte) maior

() Não gera resíduo ambiental

() Não gera riscos a saúde do operador

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

() Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Não há problema quanto a cromagem, após a limpeza da peça a banha não deixa resíduos, e quando se passa com o pincel em quantidade baixa não há contaminação.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não. É baixo custo e preenche todas as expectativas que se espera obter de um óleo de corte. Mas somente em inox.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

- Em máquina onde a refrigeração com óleo sintético é continua e abundante (CNC) não se faz uso.

-No caso de rosqueamento com macho não usamos banha, usamos óleo de corte quimatic, que supre todos os campos com melhor desempenho, somente com valor mais elevado.

EMPRESA: Hassmann Parafusos

CIDADE: Imigrante/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Elementos de fixação

ENTREVISTADO: Augusto Hassmann

FUNÇÃO NA EMPRESA: Dpto de compras

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?

() SIM (x) NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

Já utilizamos no processo de estampagem, aplicando a banha de porco na superfície do arame de aço, para servir como lubrificante e evitar o engripamento das matrizes de conformação.

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

Sim, conhecemos a técnica, no passado já foi usado.

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

() Rosqueamento

() Fresamento

() Furação

() Retífica

() Torneamento

(x) Outro:Conformação

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

(x) Aço carbono

() Alumínio

() Aço inoxidável

() Cobre

() Aço liga

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

() Menor torque (força)

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Maior vida útil da ferramenta

() Não gera resíduo ambiental

(x) Melhor acabamento

() Não gera riscos a saúde do operador

() Mais barato

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

() Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Contaminação do óleo refrigerante da máquina.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Sim, inclusive já estamos deixando de utilizá-la, pois o órgão certificador ambiental não aceita a banha de porco como produto legal (não existe FISP/ QUESTÃO DE SAÚDE OCUPACIONA, ETC)

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

EMPRESA: Retificadora Alto Taquari

CIDADE: Lajeado/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Reforma de motores a combustão interna

ENTREVISTADO: João

FUNÇÃO NA EMPRESA: Sócio/proprietário

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

(x) Rosqueamento

() Fresamento

(x) Furação

() Retífica

(x) Torneamento

() Outro: _____

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

() Aço carbono

(x) Alumínio

() Aço inoxidável

() Cobre

(x) Aço liga

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

() Menor torque (força)

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Maior vida útil da ferramenta

() Não gera resíduo ambiental

(x) Melhor acabamento

(x) Não gera riscos a saúde do operador

() Mais barato

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

(x) Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Não

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

EMPRESA: Serraff Ind. De Trocadores de Calor

CIDADE: Arroio do Meio/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Mecânica

ENTREVISTADO: Carlos Dutra

FUNÇÃO NA EMPRESA:

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluído de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluído de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

(x) Rosqueamento

() Fresamento

(x) Furação

() Retífica

(x) Torneamento

() Outro: _____

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

(x) Aço carbono

(x) Alumínio

() Aço inoxidável

() Cobre

(x) Aço liga

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

(x) Menor torque (força)

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Maior vida útil da ferramenta

() Não gera resíduo ambiental

(x) Melhor acabamento

(x) Não gera riscos a saúde do operador

(x) Mais barato

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

(x) Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Não.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não, porque ela é mais eficiente do que os outros lubrificantes.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

EMPRESA: Tecnilange Usinagem Industrial LTDA.

CIDADE: Santa Cruz do Sul/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Usinagem / Fabricação e reforma de máquinas

ENTREVISTADO: Edson Carvalho da Silva

FUNÇÃO NA EMPRESA: Supervisor

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluido de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluido de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?
Sim, desde o aprendizado no SENAI.

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

(x) Rosqueamento

(x) Fresamento

(x) Furação

() Retífica

(x) Torneamento

() Outro: _____

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

(x) Aço carbono

() Alumínio

(x) Aço inoxidável

() Cobre

(x) Aço liga

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

(x) Menor torque (força)

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Maior vida útil da ferramenta

() Não gera resíduo ambiental

() Melhor acabamento

() Não gera riscos a saúde do operador

() Mais barato

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

(x) Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Em certos materiais não é eficiente, a exemplo do alumínio.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Somente se o custo/benefício seja inferior a outro fluido.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

EMPRESA: Metalúrgica Venâncio

CIDADE: Venâncio Aires/RS

ÁREA DE ATUAÇÃO: Fábrica de produtos industriais

ENTREVISTADO: Eng. Vilson Richerd

FUNÇÃO NA EMPRESA: Engenheiro de Produção

1. A empresa que você trabalha utiliza gordura de porco (banha) como fluido de corte?

(x) SIM () NÃO

CASO NÃO UTILIZE:

2. Já utilizaram em algum processo? Por que deixaram de utilizar?

3. Você sabia da utilização de banha de porco como fluido de corte? Onde viu ou ouvir falar dela?

Sim, no curso do SENAI em Santo Ângelo.

CASO UTILIZE:

4. Quais os processos em que é utilizada?

(x) Rosqueamento

() Fresamento

() Furação

() Retífica

() Torneamento

() Outro: _____

5. Em quais materiais ela é utilizada na empresa?

(x) Aço carbono

() Alumínio

(x) Aço inoxidável

() Cobre

() Aço liga

() Outro: _____

6. Quais os motivos de utilizá-la?

(x) Menor torque (força)

() Possível utilizar ap (prof. corte) maior

(x) Maior vida útil da ferramenta

(x) Não gera resíduo ambiental

() Melhor acabamento

() Não gera riscos a saúde do operador

(x) Mais barato

() Outro: _____

7. Como é realizada a aplicação da banha?

(x) Utilizando pincel

(x) Imersão da ferramenta no recipiente

() Por gravidade (aquecida em um recipiente)

() Através de bomba

() Outro: _____

8. A sua atual utilização gera algum problema/desvantagem? Ex.: Manchas no processo de cromagem; contaminação do óleo lubrificante da máquina.

Não, as peças passam por um banho de desengraxante.

9. Pretende deixar de utilizá-la futuramente? Por quê?

Não, porque é mais barato e prático.

10. Sugestões ou comentários sobre o assunto.

ANEXO

ANEXO 1: FISPQ DO FLUÍDO DE CORTE SINTÉTICO QUIMATIC 1

Ficha de Informações de Segurança
de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N°023

Página 1 de 9

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

Nome do Produto: QUIMATIC 1.

Código do produto:

Aplicação: Fluido para usinagem de todos os metais, exceto alumínio.

Fornecedor: Tapmatic do Brasil Indústria e Comércio Ltda.

Endereço: R. Salesópolis, 16.

Bairro: Jd. Califórnia CEP: 06409 – 150.

Cidade: Barueri Estado: São Paulo.

Telefone: (0xx11) 3312-9999.

Telefone de Emergência: (0xx11) 4198-4792.

E-mail: quimatic@quimatic.com.br.

Home page: www.quimatic.com.br.

2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS**2.1 Classificação da substância ou mistura**

Líquido tóxico. Categoria 3.

2.2 Elementos de rotulagem e frases de precaução

Perigo. Tóxico se ingerido. Lave cuidadosamente após o manuseio. Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto. Em caso de ingestão: contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO DE TOXICOLOGIA ou um médico. Tratamento específico (veja no item 4 dessa FISPQ). Enxague a boca. Armazene em local fechado a chave. Descarte o conteúdo/recipientes, conforme descrito no item 13



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N° 023

Página 2 de 9

dessa FISPQ. Pode causar irritações e queimaduras. Não deixe entrar em contato com a pele e com os olhos.

2.3 Outros perigos

Efeitos ambientais

No ar: N. E.

Na água: Produto é tóxico para vida aquática, formando película superficial sobre a água. Pode transmitir qualidades indesejáveis à água, afetando o seu uso. O produto e a água resultante do combate ao fogo e de diluição são prejudiciais à fauna e à flora.

No solo: O produto derramado sobre o solo poderá em parte ser evaporado, em parte ser lixiviado, percolando e contaminando o lençol freático limitando desta forma seu uso.

3. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

Natureza química

Este produto químico é uma mistura.

Ingredientes que contribuam para o perigo

Nome químico	N° CAS	Concentração %	Classificação
(1) Cloreto de metileno; (2) Solvente alifático	(1) 75-09-2; (2) 64742-89-8	(1) 65 - 70; (2) 20 - 25	(1) 6; (2) 3

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

Inalação: Remover a pessoa para local ventilado. Se não estiver respirando aplicar respiração boca-a-boca. Se a respiração for difícil, uma pessoa qualificada deve administrar oxigênio. Chamar / encaminhar a um médico.

Contato com a pele: Eliminar lavando com sabão e muita água. Remover roupas e sapatos contaminados. Se ficar irritado encaminhar ao médico.

Contato com os olhos: Lavar imediatamente com água corrente em abundância, por no mínimo 15 minutos. Encaminhar a um oftalmologista.

Ingestão: Não induzir ao vômito. Chamar / encaminhar a um médico imediatamente.

Proteção para os prestadores de primeiros socorros: Desligar fontes de ignição. Usar equipamento de proteção individual. No caso de incêndio entrar na área

Data de elaboração: 26/08/2003

Data de revisão: 20/08/2015

Número de Revisão: 8



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N°023

Página 3 de 9

somente com máscara autônoma (com cilindro de oxigênio), para evitar a inalação de vapores tóxicos.

Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios:

Inalação: Pode prejudicar os pulmões e o fígado se a inalação for contínua e persistente.

Contato com a pele: O contato prolongado e/ou repetido pode causar irritação e até queimaduras. Também pode causar ressecamento e descamação. Um contato intenso, como por exemplo imersão, pode causar uma sensação de queimadura, seguida de sensação de frio e adormecimento.

Contato com os olhos: Pode causar irritação, dor e lesão leve de córnea. Os vapores também podem irritar os olhos.

Ingestão: Pode causar irritação no trato digestivo, queimadura e intoxicação.

Notas para o médico: A decisão de induzir ou não ao vômito deve ser tomada por um médico, porque, se aspirado, pode ocorrer uma rápida absorção através dos pulmões aumentando os danos.

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

Meios de extinção: Água pulverizada, espuma, pó químico, CO₂.

Meios de extinção não apropriados: Água em jato pleno.

Perigos específicos: O produto não é inflamável; porém é muito volátil e sua rápida evaporação, com o aquecimento provocado pelo incêndio, poderá tornar ambientes fechados impróprios para a respiração, devido a grande concentração de vapores tóxicos. Para combater incêndios em ambientes fechados deve-se usar máscaras autônomas.

Métodos específicos: Evacuar a área e combater o fogo a uma distância segura. Utilizar diques para conter a água usada no combate. Posicionar-se de costas para o vento. Para resfriar equipamentos nas proximidades do fogo usar água em forma de neblina.

Medidas de proteção da equipe de combate ao fogo: Utilizar equipamentos autônomos para respiração (máscara com cilindro de oxigênio) e roupas de

Data de elaboração: 26/06/2003

Data de revisão: 20/06/2015
Número de Revisão: 8



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N° 023

Página 4 de 9

aproximação/proteção para temperaturas elevadas. Manter recipientes do produto resfriados com água.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais, equipamento de proteção e procedimento de emergência: Vestir equipamentos de proteção pessoal. Colocar as pessoas em segurança. Não tocar permanecer ou caminhar sobre o produto derramado. Afastar das imediações das embalagens fontes quentes e que podem liberar calor, pois com o aquecimento as embalagens podem explodir, em virtude do aumento da pressão interna. Evitar contato com os olhos e pele. Evitar a inalação de névoas/vapores. Evitar o contato direto com o produto. Reduzir vapores usando água em spray. Eliminar fontes quentes e de ignição.

Prevenção da inalação e do contato com a pele, mucosa e olhos: Usar luvas e botas de borracha e óculos de proteção, máscaras para gases orgânicos apenas em caso de incêndio. Máscaras autônomas para o caso de combate a incêndios em ambientes fechados.

Precauções ao meio ambiente: Evitar que o produto derramado entre na rede de esgoto, rios, lagos e qualquer outro corpo de água ou manancial. Se houver vazamento e contaminação de água superficial contatar o órgão ambiental.

Métodos e materiais para a contenção e limpeza: Estancar o vazamento se isto puder ser feito sem risco; isolar a área e impedir o escoamento do produto derramado com diques. O produto é extremamente volátil. Pequenos derramamentos desaparecerão rapidamente em virtude da evaporação. Se o derramamento for grande, absorver com areia ou material inerte, posteriormente coletar com uma pá. Acondicionar em recipientes limpos e adequados para posterior descarte.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Precauções para manuseio seguro: O produto deve ser manuseado obedecendo às normas e procedimentos de higiene industrial e segurança do trabalho de acordo com a Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego. Evitar a queda e furo das embalagens. Manter as embalagens sempre bem fechadas.

Prevenção da exposição: Usar óculos de proteção, luvas de borracha e máscara com filtro para vapores orgânicos.



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N°023

Página 5 de 9

Condições de armazenamento seguro, incluindo incompatibilidade:

Medidas técnicas apropriadas: Armazenar em local ventilado. Não armazenar junto de alimentos.

Condições de armazenamento:

Adequadas: Armazenar em temperatura ambiente, com ventilação, na própria embalagem.

A evitar: Não armazenar próximo a fontes de calor, não armazenar próximo ou junto de alimentos.

Produtos incompatíveis: Incompatível com agentes oxidantes fortes.

Materiais para embalagens:

Recomendados: Materiais metálicos. Armazenar em recipientes adequadamente projetados para armazenar líquidos voláteis.

Sinalização de risco:

- 4 - Extremo
- 3 - Alto
- 2 - Moderado
- 1 - Leve
- 0 - Mínimo

Saúde	3
Inflamabilidade	1
Reatividade	0
Especial	-



8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Parâmetros de controle:

Limites de exposição: Não são especificados pela legislação brasileira os limites para o produto. Abaixo estão listados os limites de tolerância dos ingredientes perigosos:

Cloreto de Metileno - TLV = 125 ppm, TWA = 25 ppm

Indicadores biológicos: N. D.



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N° 023

Página 6 de 9

Medidas de controle de engenharia: Manter local de trabalho ventilado mantendo a concentração abaixo dos limites de exposição ocupacional. Caso não seja possível recomendar o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Medidas de proteção pessoal:

Proteção respiratória: Se a exposição ao produto for muito prolongada é aconselhável o uso de máscara com filtro para vapores orgânicos.

Proteção para as mãos: Usar luvas de borracha ou impermeáveis.

Proteção para os olhos: Usar óculos de proteção.

Proteção para a pele e corpo: Não é necessária se manuseado corretamente em condições normais de temperatura.

Medidas de higiene: Evitar contato intenso e prolongado com a pele. Retirar imediatamente roupas molhadas e salpicadas. Higienizar a pele com creme suave após o manuseio do produto.

9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Estado físico: Líquido transparente.

Odor: Característico.

Cor: Âmbar.

pH: N. A.

Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico: N. E.

Ponto de ebulição: 90 °C.

Ponto de congelamento: N. D.

Temperatura de decomposição: N. D.

Ponto de fulgor: > 90 °C (copo aberto).



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N° 023

Página 7 de 9

Limites de explosividade:

LEI: N. D.

LES: N. D.

Densidade: 1,085 - 1,145 (g/cm³).

Solubilidade: Insolúvel em água.

Coefficiente de partição n-octanol/água: N. D.

Viscosidade: N. D.

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Reatividade: Produto não apresenta reatividade significativa quando usado, manuseado e armazenado nas condições previstas nesta FISPQ.

Estabilidade química: Produto estável nas condições normais de uso, manuseio e armazenamento.

Possibilidade de reações perigosas: Com agentes oxidantes fortes.

Condições a serem evitadas: Fontes de calor e aquecimento.

Produtos perigosos da decomposição: Em caso de incêndio pode desprender gases e vapores tóxicos como monóxido de carbono.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidade aguda: LD50 oral ratos - 2000 mg/kg

Inalação: Pode prejudicar os pulmões e o fígado se a inalação for contínua e persistente.

Contato com a pele: O contato prolongado e/ou repetido pode causar irritação e até queimaduras. Também pode causar ressecamento e descamação. Um contato intenso, como por exemplo imersão, pode causar uma sensação de queimadura, seguida de sensação de frio e adormecimento.

Data de elaboração: 26/08/2003

Data de revisão: 20/08/2015
Número de Revisão: 8



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N° 023

Página 8 de 9

Contato com os olhos: Pode causar irritação, dor e lesão leve de córnea. Os vapores também podem irritar os olhos.

Ingestão: Pode causar irritação no trato digestivo, queimadura e intoxicação.

Efeitos locais: N. D.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Vapores do produto tomam o ambiente sufocante. É tóxico a vida aquática. O produto tende a formar película superficial sobre a água. No solo o produto poderá em parte percolar e contaminar o lençol freático..

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

Resíduos do produto: O produto pode ser reprocessado, incinerado em instalações adequadas, de acordo com legislação local.

Embalagens contaminadas: Não reutilizar ou recuperar as embalagens vazias. Oferta-las devidamente lavadas a instalações de reciclagem.

14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

Transporte rodoviário no Brasil (ANTT)

Nome apropriado para embarque: Líquido Tóxico, N. E.

Número ONU: 2810.

Classe de risco / divisão: 6.1.

Risco subsidiário: N. D.

Número de risco: 60.

Transporte rodoviário no Mercosul

Nome apropriado para embarque: Líquido Tóxico, N. E.

Número ONU: 2810.

Classe de risco / divisão: 6.1.

Risco subsidiário:

Número de risco: 60.

Transporte aéreo Doméstico e Internacional (ANAC & ICAO-IT & IATA-DGR)

Proper Shipping Name: Toxic liquid, N. O. S.

UN Number: 2810.

Data de elaboração: 26/08/2003

Data de revisão: 20/08/2015

Número de Revisão: 8



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Nome do produto: QUIMATIC 1
Código do produto:

FISPQ N°023

Página 9 de 9

Hazard Class / Division: 6.1.

Packing Group: III

Comment: Toxic liquid, N. O. S.

Subsidiary Risk:

IATA Packaging Instruction: Passenger aircraft 605, Y605; Cargo aircraft only 612.

Transporte marítimo Nacional e Internacional (ANTAQ-DPC & IMDG)

Proper Shipping Name: Líquido Tóxico, N. E.

UN Number: 2810.

Hazard Class/Division: 6.1.

Packing Group: III.

15. INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES

Nenhuma outra regulamentação específica.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

SIGLAS UTILIZADAS:

N. A. = Não Aplicável

N. D. = Não Disponível

LEI = Limite de Explosividade Inferior

LES = Limite de Explosividade Superior

Os dados contidos na presente, nos catálogos e rótulos, baseiam-se em fontes que, acreditamos, sejam corretas e confiáveis. Constitui total responsabilidade do usuário a determinação da aplicabilidade de qualquer produto mencionado na presente a seus fins, adotando as devidas e aconselháveis precauções para proteger bens e pessoas contra quaisquer danos, que possam derivar de tal manipulação e uso. Recomendamos ao usuário em potencial testar a aplicação desejada, antes do uso definitivo do produto. Observar atentamente a destinação e forma de uso do produto, só utilizando-o de acordo com as instruções impressas no rótulo. Não podemos assumir qualquer responsabilidade por dano consequente ou imprevisto, inclusive lucros cessantes, resultado do uso inadequado por terceiros, sobre cujos métodos de aplicação ou manuseio não temos controle. Em caso de dúvidas, solicitar orientação técnica. Limitamos nossa responsabilidade unicamente à troca do produto, caso fique comprovado que o mesmo esteja defeituoso.